

Opinnäytetyö (YAMK)

Ympäristötekniologia

2017

Julia Debbbarh

# SISÄILMAONGELMAISTEN RAKENNUSTEN PRIORISOINTIMENETELMÄ

Julia Debbarih

# SISÄILMAONGELMAISTEN RAKENNUSTEN PRIORISOINTIMENETELMÄ

Tällä hetkellä ei ole saatavilla menetelmää, jonka avulla sisäilmaongelmaepäilykohteita voidaan priorisoida terveellisuuden mukaan nopeasti ja edullisesti, koska sellaista ei ole saatavilla. Tämän työn tavoitteena oli kehittää tähän soveltuva karkea menetelmä. Tarkoituksena on, että menetelmän avulla suuret kiinteistönomistajat, kuten kunnat, voivat kohdistaa vähäiset tutkimus- ja korjausresurssit sellaisiin rakennuksiin, joiden korjaamisella voidaan poistaa merkittäviä sisäilmahaittoja ja vähentää näin riskiä merkittävältä sisäilman aiheuttamalta oireilulta ja sairastumiselta.

Testattavaksi menetelmäksi valittiin tutkittavien kohteiden henkilökunnille suunnattu kysely ja laskentamenetelmä, joka tuottaa kullekin kohteelle vertailukelpoisen, rakennuksen terveellisuutta kuvaavan lukuarvon. Kyselyyn valittiin kysymykset, jotka edustavat yleisesti hyväksytyjä terveyshaittatekijöitä, ja haittatekijöitä painotettiin lukuarvon määrittämisessä sen aiheuttamien seurausten vakavuuden mukaan.

Menetelmää testattiin 15 koulussa, joista kahdeksan edusti vaurioituneita ja seitsemän vaurioitumattomia rakennuksia. Jotta menetelmä voisi soveltua priorisointiin, sen tulisi kyetä erottelemaan vaurioituneet rakennukset vaurioitumattomista. Lisäksi ehdoksi asetettiin, että kysely ja laskenta tulisi voida toteuttaa nopeasti ja edullisesti.

Menetelmä erotteli toivotulla tavalla vaurioituneet rakennukset vaurioitumattomista. Lisäksi asetetut ehdot nopeudesta ja edullisuudesta toteutuivat. Kysely rakennettiin tarkoituksellisesti niin, että olennaista on saada vastaus ongelmia kokevilta työntekijöiltä eikä melko alhaisten vastausprosenttien näin ollen arvioitu merkittävästi heikentävän tulosten luotettavuutta. Teoreettisen tarkastelun perusteella menetelmän arvioitiin soveltuvan alustavaan priorisointiin sellaisissa kohteissa, joissa kullakin työntekijällä on oma pääasiallinen työtila.

## ASIASANAT:

Sisäilma, sisäilmaongelmat, terveysvaikutukset, priorisointi, kysely

MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Master of Engineering | Environmental Technology

2017 | Total number of pages 104 + 40 (appendices)

Instructor Juha Leimu

Julia Debbarh

# THE PRIORITIZATION METHOD OF BUILDINGS WITH POOR INDOOR AIR QUALITY

There is currently no method available to quickly and inexpensively prioritize buildings with indoor air problems. The aim of this work was to develop a suitable rough method for this purpose. The intention is that this method gives property owners, such as municipalities, a proper way to focus the low building maintenance resources on the most problematic buildings and thereby reduce the risk of significant illnesses caused by poor indoor air quality.

A questionnaire designed for the personnel and calculation method producing a comparable value for each building based on the healthiness of the building, were selected as a test method.

The questions chosen for the questionnaire, represent the factors known to cause health effects and the factors were emphasized on the basis of the severity of the consequences.

The method was tested in 15 Finnish schools, eight representing damaged and seven non-damaged buildings. In order to be suitable for prioritization, the method need to be capable to distinguish damaged buildings from non-damaged. In addition, the prerequisite was that the inquiry and calculation should be able to be implemented quickly and inexpensively.

As desired, the method distinguished damaged buildings from non-damaged buildings. In addition, the prerequisite for rapidity and affordability were met. The questionnaire was designed intentionally in a way that it is essential to have responses only from the employees who experience the indoor air quality poor and thus the low response rates are not expected to significantly reduce the reliability of the results. Based on the theoretical review, the method was estimated to be suitable for preliminary prioritization in situations where each employee has their own main work space.

## KEYWORDS:

Indoor air, indoor air problems, health effects, prioritization, questionnaire

# SISÄLTÖ

<b>ALKUSANAT</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 TYÖN TAUSTA</b>	<b>11</b>
2.1 Sisäilmaongelman määrittely	11
2.2 Priorisoinnin välttämättömyys	16
2.3 Nykyiset priorisointimenetelmät ja niiden heikkoudet	17
<b>3 TYÖN TAVOITE JA RAJAUKSET</b>	<b>20</b>
<b>4 KEHITTÄMISMENETELMÄ</b>	<b>25</b>
<b>5 TERVEYSHAITTATEKIJÄT</b>	<b>31</b>
5.1 Fysikaaliset tekijät	33
5.1.1 Ilmanvaihtuvuus	33
5.1.2 Lämpötila ja veto	34
5.1.3 Ilmankosteus	35
5.1.4 Rakennekosteus	37
5.1.5 Melu ja akustiikka	38
5.1.6 Valaistus	40
5.2 Mikrobiologiset tekijät	41
5.3 Kemialliset tekijät	46
5.3.1 Haihtuvat orgaaniset ja epäorgaaniset yhdisteet	46
5.3.2 Viemärikaasut	52
5.3.3 Radon	55
5.3.4 Pöly	57
<b>6 KYSELYN LAATIMINEN</b>	<b>61</b>
6.1 Hyvän kyselyn elementit	61
6.2 Rakennuksen terveellisyys -käsite kysymyksiksi	69
6.3 Kyselyn esittely	72
<b>7 KYSELYN TESTAUS</b>	<b>76</b>
7.1 Testausmenetelmä	76

7.2 Testikohteet	77
7.3 Käytännön toteutus ja aineiston käyttökelpoisuuden arvioiminen	80
<b>8 LASKENTAMENETELMÄN LUOMINEN</b>	<b>82</b>
8.1 Laskentamenetelmän tavoitteet	82
8.2 Vastausten painoarvottaminen	82
8.3 Laskentamenetelmän esittely	86
<b>9 KOHDEKOHTAISET TULOKSET</b>	<b>89</b>
<b>10 TAVOITTEIDEN TOTEUTUMISEN ARVIOIMINEN</b>	<b>94</b>
10.1 Soveltuvuus sisäilmaongelmaisten rakennusten priorisointiin	94
10.2 Menetelmän vaatima aika ja kustannukset	97
<b>11 JATKOKEHITTÄMISTARPEET</b>	<b>98</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>99</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Rakennuksen terveellisyys -käsitteen purkaminen kysymyksiksi
- Liite 2. Kysely
- Liite 3. Saateviesti 30.12.2014
- Liite 4. 1. muistutusviesti 7.12.2014
- Liite 5. 2. muistutusviesti 15.1.2015
- Liite 6. Terveystekijöiden esiintymistodennäköisyyden painoarvottaminen
- Liite 7. Seurausten painoarvottaminen
- Liite 8. Laskentataulukko
- Liite 9. Haitta- ja muut laskennassa huomioon otavat tekijät ja kysymyskohtaiset painoarvot
- Liite 10. Kohdekohtaiset tulokset kaaviona
- Liite 11. Kohdekohtaiset laskentataulukot
- Liite 12. Ajankäyttö

## KUVAT

- Kuva 1. Palvelun laatu -käsitteen muuntaminen teoriasta kysymyslomakkeeksi (Vilkka 2007, 39).

## KUVIOT

Kuvio 1. Vastausprosentit kohteittain.	89
Kuvio 2. Kohdekohtaiset rakennuksen terveellisyyttä kuvaavat lukuarvot.	90
Kuvio 3. Rakennuksen terveellisyyteen erittäin tyytyväisten osuus, kun tulos on muunnettu vastaamaan koko henkilökuntaa.	91

## TAULUKOT

Taulukko 1 Esimerkkejä haitallisista yhdisteistä, joita on mitattu sisäilmasta sekä niiden potentiaalisia lähteitä (Tucker 2001, 31.2).	48
Taulukko 2. Merkittävimpiä haisevia viemärikaasuja (Aatola 2007, 6).	54
Taulukko 3. Testikohteet.	77
Taulukko 4. Standardin BS8800 mukainen riskitaulukko (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015, 28).	83
Taulukko 5. Kyselyn tulokset.	92

## ALKUSANAT

Aloitin ylemmän AMK-tutkinnon opinnot syksyllä 2013 ja opintielle lähdin intoa täynnä. Tie oli kuitenkin mutkaisempi ja kivikkoisempi kuin koskaan osasin kuvitella ja elämässä tapahtui käänteitä, joihin en opintoihin hakuvaiheessa osannut varautua.

Usein olin niin nuutunut hektisen työpäivän jälkeen arjen pakollisista askareista, että opiskelutehtävät saivat odottaa vuoroaan koskemattomana päivästä toiseen. Raskaus vei myös osansa voimavaroistani ja lopulta vauvan syntymä sekoitti pelikortit kertaheitolla. Opinnot etenivät hitaasti jatkuvien keskeytysten ja lasten hädin ympäröimänä.

Vihdoin koitti kuitenkin se päivä, kun opinnäytetyöni läheni loppua. Vaikka työ onkin ollut pitkälti yksinäistä puurtamista, haluan lausua erityiskiitokset pitkään kuntasektorilla sisäilmaongelmien parissa palvelleelle ja nykyään Finnish Consulting Groupin palveluksessa työskentelevälle Esko Korhoselle. Esko silminnähden kiinnostui työni aiheesta ja kommentoi luottamuksellisesti työtäni.

Kiitoksen sanat haluan lausua myös entiselle kollegalleni Kaisa Walleniukselle. Kaisa suhtautui työni aiheeseen Eskon tapaan suurella innostuksella ja antoi arvokkaita kommentteja tutkimussuunnitelmastani.

Entinen kollegani Sari Front sekä nykyinen kollegani Elisa Vene ansaitsevat myös kiitokset opinnäytetyöni kommentoimisesta kaiken muun kiireen keskellä.

Työni ohjaajallani Juha Leimulla on ollut myös erityinen rooli. Tehtävänsä mukaisesti hän ohjaili työtäni oikeaan suuntaan ja ilman hänen periksi antamatonta otetta olisin ehkä mennyt ns. peppu edellä puuhun. Kiitokset myös Juhalle.

Sopivan aineiston hankinta on työlästä ja ilman äitini apua tässä olisi moni hyvä lähde jäänyt saamatta. Äitini myös kommentoi työtäni alaan perehtymättömän silmin ja ansaitsee näin myös kiitokset.

Käsissäsi on nyt valmis opinnäytetyöni. Olen pyrkinyt kirjoittamaan mahdollisimman kansantajuisesti, sillä en tykkää lukea tekstejä, jotka ovat täynnä vaikeaselkoisia termejä ja monimutkaisia lauserakenteita. Toivottavasti olen onnistunut tässä ja sisältö avautuu Sinulle lukijana nopeasti. Toivon myös, että saat tuotoksen lisäksi hyvän käsityksen sisäilmaongelmien monimuotoisuudesta ja sisäilmaongelmien ratkaisemisen haasteellisuudesta.

Lukiessasi saatat ehkä ihmetellä puuttuvia liitteitä. Tein opinnäytetyöni yritykseni käyttöön ja tästä syystä osa liiteaineistosta on luottamuksellista eikä kaikkia liitteitä ole sisällytetty julkiseen kirjastokappaleeseen.

Aihe itsessään oli erittäin mielenkiintoinen sekä selkeä motivaattori ja eteenpäin vievä voima, mutta Kiinkon myöntämä kannustusstipendi opinnäytetyöhöni yhtä lailla kannusti saattamaan työn loppuun.

Optimistina ja intoa täynnä jatkan nyt uusia seikkailuja kohti mielessäni yksi mieluisimmista sitaateistani:

*"Kaikki on mahdollista.*

*Mahdottoman toteuttaminen vie vain hieman enemmän aikaa."*

Espoossa 8.12.2017

Julia Debbarih



# 1 JOHDANTO

Sisäilmaongelmien arvioidaan olevan merkittävä kansanterveydellinen ongelma. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan (2012, 11) teettämän selvityksen mukaan Suomessa altistuu noin 450 000 – 950 000 ihmistä yksistään merkittäville kosteus- ja homevaurioille pien- ja rivitaloissa, kerrostaloissa, kouluissa ja päiväkodeissa sekä hoitolaitoksissa ja toimistoissa. Näiden terveyteen liittyvien kustannusten on arvioitu olevan 23–953 miljoonaa euroa, jotka sisältävät oireista, sairauksista, niiden tutkimisesta, työkyvyn menettämisestä ja työtehon tuottavuuden laskusta aiheutuvat kustannukset (Eduskunta 2012, 13). Kyse on merkittävistä taloudellisista menetyksistä ja valtavasta ihmisjoukosta, jonka huolta terveyden menettämisestä ei voi sivuuttaa.

Ihmisten huolestuneisuus näkyy suurten kiinteistönomistajien arjen työssä jatkuvina yhteydenottoina, joissa epäillään rakennuksen sisäilman aiheuttavan ongelmia. Kiinteistönomistajilla ei usein kuitenkaan ole riittävästi resursseja tutkia ja korjata rakennuksia välittömästi sisäilmaongelmaepäilyn tullessa esille. Heidän onkin tehtävä jatkuvasti päätöksiä siitä, mitkä kohteet olisivat kiireellisimpiä ja olisi syytä ottaa käsittelyyn ensimmäisenä.

Tämän työn tarkoituksena on kehittää menetelmä kiinteistön omistajien tarpeisiin kiireellisimpien kohteiden löytämiseksi kaikkien sisäilmavalituskohteiden joukosta. Aiheen taustalla on vuosien kokemus sisäilma-asioiden parissa työskentelystä, ja työssä esiin tullut ongelma siitä, miten vaikeaa lukuisten valituskohteiden joukosta on valita ihmisen terveydelle todennäköisesti haitallisimmat kohteet – ne kohteet, jotka olisi syytä ottaa pikaisesti käsittelyyn.

Selvää on, että menetelmän on käytännön työn kannalta oltava nopea ja edullinen, joita nykyisin käytössä olevat menetelmät eivät ole. Kyse on rakennuksista, jotka voivat sairastuttaa, joten kehitettävän menetelmän avulla tulisi myös kyetä luokittelemaan rakennuksia terveellisyyden mukaan.

Käytännön työn kautta on havaittu, että käyttäjien kokemukset useimmiten vastaavat hyvin rakennuksessa esiintyviä puutteita ja kiinnostavaksi kysymykseksi

muodostui se, olisiko mahdollista yksistään henkilökunnan kokemuksen perusteella priorisoida rakennuksia.

Kyselyllä on mahdollista kerätä runsaasti tietoa nopeasti. Työn tavoitteeksi muodostui laatia rakennusten priorisointiin soveltuva kysely, jonka avulla erotellaan rakennuksia niiden terveellisyyden mukaan.

Laadittua kyselyä testataan 17 koulussa, jotka on jaettu kahteen ryhmään – vaurioituneet ja vaurioitumattomat. Tulosten pohjalta kullekin kohteelle lasketaan vertailukelpoinen lukuarvo. Mikäli menetelmä soveltuu priorisointiin, sen tulisi kyetä jakamaan testattavat kohteet vaurioituneisiin ja vaurioitumattomiin.

Opinnäytetyössä käsitellään ensin terveyshaittatekijöitä, sillä näiden tunteminen on edellytys rakennuksen terveellisyyttä mittaavan kyselyn laadinnassa. Seuraavaksi esitellään hyvän kyselyn elementtejä ja sitä, miten rakennuksen terveellisyys -käsite voidaan purkaa kysymyksiksi. Näiden tunteminen on tärkeää, jotta voidaan laatia sellainen kysely, joka mittaa sitä, mitä sen halutaan mittaavaan ja jotta kyselyn saaneet myös vastaisivat kyselyyn.

Kehitettävän menetelmän toimivuutta ennen varsinaista käyttöönottoa on hyvä testata jollakin tapaa ja kolmantena selkeänä vaiheena onkin kyselyn testaaminen käytännössä. Tämän jälkeen esitellään laskentamenetelmän luomista. Laskentamenetelmä on olennainen osa kehitettävää menetelmää ja sen avulla voidaan laskea kullekin rakennukselle rakennuksen terveellisyyttä kuvaava ja vertailukelpoinen lukuarvo.

Kohdekohtaisten tulosten esittelyn jälkeen pohditaan lopuksi sitä, saavutettiinko menetelmälle ennalta asetetut vaatimukset ja arvioidaan mahdollisia menetelmän jatkokehittämistarpeita.

## 2 TYÖN TAUSTA

### 2.1 Sisäilmaongelman määrittely

Suomessa ei liene henkilöä, joka ei joskus olisi kuullut puhuttavan tai olisi lukenut sisäilmaongelmista. Sisäilman terveellisyyteen on kiinnitetty huomioita jo satoja vuosia ja esimerkiksi sisäilman hiilidioksidipitoisuuden ohjearvosta löytyy merkintöjä 1800-luvulta (Sundell 2004, 52). Jo tuolloin tehtiin sisäilman hiilidioksidimitauksia ja mikäli pitoisuus ylitti 1000 ppm, sisäilman arvioitiin olevan hengittämiseen sopimatonta ja sisäilman katsottiin olevan hyvää, kun pitoisuus jäi alle 700 ppm. Jopa raamatusta löytyy jakeita siitä, miten toimitaan, kun talossa on ”pitaa-litartunta” (Moos 14, 36–58). Mikäli tartunnan saaneen talon seinissä esiintyi vihertäviä tai punertavia syvennyksiä, tuli kivet korvata uusilla kivillä. Jos toimet eivät auttaneet, talo tuli purkaa ja viedä kivet ja savet saastaiseen paikkaan pois kaupungista. Mitä ilmeisemmin näissä Mooseksen kirjan jakeissa viitataan kosteus- ja homevaurioituneeseen taloon.

Kautta historian ihminen on ollut tietoinen siitä, että saastuneella ilmalla on haitallisia vaikutuksia ihmisen terveyteen. Merkittävä sysäys sisäilmatutkimuksen saralla tapahtui 1960-luvulla, jolloin muutoinkin alettiin merkittävästi kiinnittämään huomiota ympäristön tilaan. (Sundell 2004, 51, 53.) Tällöin tehtiin havaintoja erityisesti sisätiloissa käytettävien kaasulla toimivien laitteiden ja tupakoinnin aiheuttamista terveyshaitoista (Spengler ym. 2001, 1.8).

Nykyään sisäilmaongelmat liittyvät kehitysmaissa sisätiloissa olevien tulisijojen aiheuttamiin haittoihin ja kehittyneissä maissa sisäilmaongelmien syyt sen sijaan liittyvät muun muassa rakennuksen kosteus- ja homevaurioihin sekä rakennusmateriaaleista haihtuviin yhdisteisiin.

Historiallinen tarkastelu antaa ymmärrystä sille, ettei sisäilmaongelmissa ole kyse tuoreesta ilmiöstä, vaikka julkisessa keskustelussa näin usein annetaan ymmärtää.

Sisäilmaongelman ratkaisun kannalta on tärkeää määritellä, mitä sisäilmalla tarkoitetaan. Sisäilmayhdistys ry:n (2016) määritelmän mukaan **sisäilma** on sisätiloissa olevaa ilmaa, joka sisältää eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukasmaisia epäpuhtauksia.

Sisäilmaongelmista puhuttaessa käytetään myös sisäilmasto-termiä. Sisäilmayhdistyksen (2016) määritelmän mukaan **sisäilmastoon** lasketaan kuuluvaksi sisäilman lisäksi siihen vaikuttavat fysikaaliset tekijät, joita ovat lämpötila, kosteus, ilman liike, säteily, valaistus ja melu. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan (Eduskunta 2012, 34) julkaisussa sisäilmasto on määritelty sisäilman ja lämpöolosuhteiden muodostamaksi kokonaisuudeksi. Sisäilmastoon kuuluvat käytännössä kaikki ne rakennukseen liittyvät tekijät, joiden nykytietämyksen mukaan voidaan katsoa aiheuttavan terveydellisiä vaikutuksia tilojen käyttäjille.

Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisussa (2012, 34) on lisäksi määritelty **sisäympäristö**-käsite, joka sisältää myös esimerkiksi käytettävyyteen, esteettömyyteen, turvallisuuteen ja viihtyvyyteen (esim. värit ja materiaalit) liittyviä tekijöitä.

Käytännössä niin puhe- kuin kirjoituskielessä käytetään yleisesti käsitettä sisäilma. Se on sopivan lyhyt, ja se on selvästi vakiintunut niin tilojen käyttäjien kuin alalla toimivien asiantuntijoiden keskuudessa. Tästä johtuen tässä työssä käytetään sisäilma-käsitettä kuvaamaan niin sisäilmaa kuin sisäilmastoa.

Käytännössä on erilaisia näkemyksiä siitä, milloin sisäilmasta tulee ongelma. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan (2012, 34) julkaisussa kuvatun määritelmän mukaan **sisäilmasto-ongelman** katsotaan olevan ”*terveyttä tai turvallisuutta vaarantava puute tai ongelma rakennuksessa tai sen osassa. Syynä voi olla esimerkiksi kosteus- ja homevaurio, vesivahinko, rakennusmateriaaleista aiheutuva kemiallinen päästö, orgaaninen pöly tai rakennusvirheestä, toiminnasta aiheutuva vika tai virheellinen ylläpito*”.

Sisäilmaongelman määritelmä voi riippua myös siitä, mistä näkökulmasta asiaa tarkastelee. Oireilunäkökulman mukaan sisäilmaongelma esiintyy rakennuk-

sessä pääasiassa silloin, kun tilojen käyttäjä kokee sisäilman aiheuttavan oireilua. Tällöin myös yleisesti ottaen puhutaan siitä, että rakennus ei ole terve. Tilojen käyttäjillä voi esiintyä esimerkiksi pääsärkyä, yskää, äänen käheytymistä, nuhaa, infektioita, niveloireita, astman pahenemista jne. Käyttäjien raportoimat oireet voivat vaihdella ja tämä käy hyvin ilmi sosiaalisen median keskustelupalstoilla, jossa sisäilmasta sairastuneet kertovat kokemuksistaan ja oireista, joita huono sisäilma on heille heidän kokemuksensa mukaan aiheuttanut.

Varsin yleinen tapa on kuitenkin arvioida ongelman olemassaoloa lainsäädännön nojalla annettujen määräysten ja ohjeiden sekä muun valtakunnallisen ohjeistuksen perusteella (lainsäädäntönäkökulma). Tätä tapaa voi verrata mielestäni hyvin laatuajatteluun, jossa on ennalta määritelty tuotteen sallitut poikkeamat ennen kuin se katsotaan virheelliseksi. Rakentamismääräyskokoelmassa määritellään rakentamisen taso, jota noudattamalla on arvioitu voitavan rakentaa terveellisiä rakennuksia. Lisäksi esimerkiksi keväällä 2015 voimaantulleessa sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (545/2015) on määritelty, millainen on hyvä sisäilma ja tätä edeltävässä terveydensuojelulain nojalla annetussa asumisterveysohjeessa sekä muun muassa Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontaviraston (Valvira) ja Työterveyslaitoksen ohjeistuksissa.

Lainsäädäntönäkökulman käyttö on varsin ymmärrettävää, sillä esimerkiksi viranomaisen on johonkin perustuen tehtävä päätöksiä. Valmiit ohjeet viite-, ohje- ja raja-arvoineen helpottavat päätöksentekoa ja antavat tukea erityisesti silloin, kun rakennuksessa on vain muutama oireilija. On varsin tavanomaista, että tällöin oireilun syynä pidetään suhtautumista ongelmaan, huolestumista eli käytännössä oireilun syynä uskotaan olevan sisäilmaongelman sijaan psykososiaaliset tekijät. Marjaana Lahtinen (2004) on väitöstutkimuksessaan tuonut esille, että sisäilmaongelmia raportoidaan keskimäärin enemmän sellaisista työpaikoista, joissa on ilmapiiriongelmaa.

Vaikka rakennuksen olisikin tulkittu täyttävän edellä kuvatut lainsäädännön vaatimukset, ei se kuitenkaan tarkoita sitä, että kukaan ei voisi ko. rakennuksessa oireilla. Tämä voi johtua monestakin syystä. Määräykset ja ohjeet on laadittu perustuen sen hetkiseen tutkimukseen ja käytännön kokemuksen kautta saatavaan

tietoon. Ne eivät näin ollen edusta absoluuttista totuutta terveellisestä rakennuksesta. Lisäksi tutkimusmenetelmiin liittyy epävarmuustekijöitä ja on saatettu tutkia vääriä asioita tai puutteellisesti, jolloin ei voida tehdä oikeita johtopäätöksiä.

Sisäilmaongelman määrittelemisen moninaisuutta kuvastaa hyvin myös kyselyn tulokset, jotka on esitetty Isokäännän (2014, liite 2) opinnäytetyössä. Kyselyssä esitettiin kysymys ”*Milloin työpaikalla on mielestäsi sisäilmaongelma?*” ja vastaajaa pyydettiin valitsemaan enintään kolme vaihtoehtoa annetuista vaihtoehdoista. Tulosten pohjalta sisäilmaongelma arvioitiin olevan erityisesti seuraavissa tapauksissa:

- 1) Tehtyjen selvitysten perusteella työpaikalla on sisäilmaongelma 56 %
- 2) Oirekyselyn tulosten perusteella työpaikalla on sisäilmaongelma 46 %
- 3) Työpaikalla on paljon sairauspoissaoloja 30 %
- 4) Työpaikalla puhutaan työpaikan tiloihin liittyvästä oireilusta 49 %
- 5) Työterveyshuollon tietojen mukaan työpaikalla on sisäilmaongelma 32 %

Erilaiset näkemykset sisäilmaongelman olemassaolosta aiheuttavat paljon ristiriitoja tilojen käyttäjien ja kiinteistöjen omistajien välille ja tekevät sisäilmaongelman ratkaisemisesta hankalaa. Käytännön työelämässä kuitenkin edellytetään selkeää määritelmää siitä, milloin rakennuksessa on sisäilmaongelma ja milloin ei. Tällaista tietoa tarvitaan päätöksenteossa esimerkiksi silloin, kun arvioidaan, onko rakennukseen kohdistettava erityisiä toimenpiteitä, millaisella aikataululla, ja milloin se kenties tulee laittaa käyttökieltoon.

Mielestäni sisäilmaongelman määrittelyä on hyvä lähestyä ongelman yleisen määritelmän kautta:

*“a problem is a situation, person, or thing that needs attention and needs to be dealt with or solved” (Cambridge dictionary 2016)*

Tämä määritelmä on mielestäni varsin käyttökelpoinen, sillä siitä on johdettavissa ajatus, että niin kauan kuin asia vaatii huomiota, se vaatii myös työpanosta kiinteistön omistajalta ja muilta ongelman ratkaisuun osallistuvilta tahoilta. Työpanos tarkoittaa aina myös kustannuksia.

Niin kunnilla kuin yrityksilläkin on usein strategiassa määritelty asiakaslähtöisyys ja erilaisia tuottavuutta tukevia näkökohtia. Näin ollen sisäilmaongelman määritelmä on syytä johtaa sellaiseksi, että sisäilmaongelman ratkaiseminen tuottaa tyytyväisiä tilojen käyttäjiä. Tämä on käytännön työelämässä ainoa kannattava toimintamalli. Tämä siitä syystä, että vasta sitten, kun käyttäjät ovat tyytyväisiä, ongelmanratkaisuprosessi voidaan todennäköisesti todeta päättyneen ja se ei kuluta enää resursseja eikä vaadi työpanosta. Asiakaslähtöisen toimintamallin voidaan arvioida vähentävän esimerkiksi kriisiytyneiden tilanteiden syntyä ja ns. hätäväistöihin siirtymisiä, jotka kuluttavat merkittävän paljon resursseja.

Yhtä lailla on hyvä huomioida, että huono sisäilma vaikuttaa lisääntyneiden sairauspoissaolojen lisäksi työmotivaatioon ja työtehoon (Seuri & Palomäki 2000, 17). Tuottavuuden näkökulmasta katsottuna on tärkeää, että työntekijät ovat terveenä töissä, motivoituneita ja tekevät työnsä tehokkaasti. Tilojen käyttäjien kokemusten huomioiminen on siis olennainen osa onnistuneessa ongelmanratkaisussa.

Tässä työssä sisäilmaongelma on edellisten näkökohtien pohjalta määritelty seuraavasti:

*”Sisäilmaongelma esiintyy kohteessa silloin, kun käyttäjä **epäilee** siellä joko oman aistinvaraisen havainnon (esim. kosteusjälki) tai oireilun perusteella **olevan sellaisia rakennuksessa esiintyviä tekijöitä** (mikrobiologisia, kemiallisia ja/tai fysikaalisia tekijöitä), **jotka voivat aiheuttaa terveysvaikutuksia.**”*

Määritelmässä viitatus terveysvaikutuksia aiheuttavat tekijät on esitelty tarkemmin luvussa 5 (terveyshaittatekijät).

Gary J. Raw (2001, 53.2) painottaa sitä, että tilojen käyttäjät ovat keskiössä sisäilman laatua määritettäessä. Tämä johtuu siitä, että meillä ei edelleenkään ole selvää käsitystä siitä, miten eri haittatekijät vaikuttavat ihmiseen yhdessä muiden ympäristö- ja sosiaalisten tekijöiden ja henkilökohtaisten ominaisuuksien kanssa. Myös Seuri & Palomäki (2000, 18) tuovat esille, että ”sisäilman laatu määritellään

*ja arvioidaan tilaa käyttävien kokemuksen perusteella, ei mittaamalla”* ja ovatkin todenneet, että hyvä sisäilman laatu voidaan varmistaa vain kyselemällä.

Edellisen määritelmän mukaan rakennuksessa on niin kauan sisäilmaongelma, kunnes siihen on löydetty kaikkia osapuolia tyydyttävä ratkaisu. Tämä ei tarkoita kuitenkaan sitä, että käyttäjä ei voisi tiloissa enää saada oireita vaan esimerkiksi sitä, että oireilevalle henkilölle on annettu mahdollisuus siirtyä toisiin tiloihin, joissa hän kokee voivansa oleskella tai henkilölle on tarjottu mahdollisuus riittävän kattaviin lääketieteellisiin tutkimuksiin.

## 2.2 Priorisoinnin välttämättömyys

Nykyisin suomalainen käyttää ajastaan noin 90 % sisätiloissa (Seuri & Palomäki 2000, 15), joten ei ole samantekevää millaisissa sisätiloissa aikaa vietetään. Ideaalitalanteessa rakennuksia huolletaan ja korjataan ajallaan ja näin ylläpidetään rakennuksissa hyvää sisäilmaa.

Vuosittain kunnissa tehdään päätökset siitä, kuinka paljon seuraavana vuonna rahaa on käytössä eri toimialoilla ja yksiköissä. Voisi sanoa, että rahaa ei ole koskaan tarpeeksi jaossa, joten budjettipäätöksiä tehdessä joudutaan tekemään lukuisia valintoja ja laittamaan asioita tärkeysjärjestykseen. Tämä on osaltaan ollut vaikuttamassa siihen, että käytännössä rakennusten huolto- ja korjaustoimenpiteitä joudutaan usein lykkäämään, sillä budjettiin varatut määrärahat eivät riitä kaikkien toimenpiteiden toteuttamiseen juuri silloin, kun se rakennuksen kannalta parasta olisi. Rakennusten parissa työskentelevät työntekijät joutuvatkin tekemään päivittäin valintoja toimenpiteistä, joilla on merkitystä rakennusten sisäilmaan.

Niukat resurssit ovat johtaneet siihen, että rakennuksia ei välttämättä pystytä tutkimaan välittömästi sisäilmaongelmaepäilyn tullessa esille. Tutkimusten viivästyminen johtaa luonnollisesti myös korjausten viivästyymiseen. Vähäiset resurssit tulisi kyetä kohdentamaan ensisijaisesti sellaisiin rakennuksiin, joiden korjaamisella voidaan poistaa merkittäviä sisäilmahaittoja ja vähentää näin riskiä merkittävästä sisäilman aiheuttamalta oireilulta ja sairastumiselta. Tämä tarkoittaa sitä,



että pahimmat ongelmarakennukset pitäisi voida onnistuneesti poimia kaikkien ongelmaepäilykohteiden joukosta. Kyse on priorisoinnista eli asioiden laittamisesta tärkeysjärjestykseen terveellisuuden mukaan.

### 2.3 Nykyiset priorisointimenetelmät ja niiden heikkoudet

Rakennusten asettaminen järjestykseen terveellisuuden mukaan edellyttää tietoja kohteesta. Tarvittavaa tietoa voidaan hankkia eri tavoin, mutta luokittelun kannalta olennaista olisi saada kustakin rakennuksesta samantyyppistä tietoa, jolloin rakennusten vertailu on huomattavasti helpompaa.

Käytännön työelämän kannalta on olennaista, että menetelmällä voidaan luokitella rakennukset terveellisuuden mukaan nopeasti ja edullisesti.

Nopean ja edullisen määrittelyssä on käytetty hyväksi käytännön työkokemusta. Edulliseksi menetelmäksi on määritetty menetelmä, jossa yhden kohteen priorisoinnista aiheutuvat tilauskustannukset ulkopuoliselta palveluntarjoajalta ovat maksimissaan noin 500 euroa (ALV 0 %).

Tilaajan kannalta katsottuna nopeus tarkoittaa sitä, että tilaajan ei tarvitse käyttää paljon aikaa priorisointiin ja maksimissaan yhden kohteen priorisointiin saisi tilaajalta kulua aikaa noin 2 tuntia rakennusta kohden.

Seuraavaksi käydään läpi sellaiset menetelmät, joita voidaan käyttää rakennusten priorisointiin ja arvioidaan niiden mahdollisuuksia vastata edellä esitettyihin nopeuden ja edullisuuden kriteereihin.

Rakennuksia voidaan arvioida ennen tarkempia tutkimuksia olemassa olevan tiedon pohjalta (huolto-, korjaus-, vauriohistoria, tehdyt kuntoarviot- ja tutkimukset ym.). Kaikista rakennuksista ei kuitenkaan yleensä ole samantasoista tietoa käytettävissä, joten rakennusten vertaileminen pelkästään kerätyn tiedon perusteella on varsin aikaa vievää eikä tästä syystä vastaa tarpeeseen.

Rakennuksiin voidaan tehdä myös tarkastuksia ja näin kerätä tietoa rakennuksista. Tarkastusten hyvä puoli on se, että kustakin rakennuksesta voidaan kerätä

ennalta määritellyt tiedot, mikä helpottaa rakennusten vertailua. Varsinaiset sisäilmatutkimukset näytteenottoineen esimerkiksi yhdessä keskikokoisessa koulurakennuksessa vie aikaa useita päiviä ja tutkimusten aloittamisesta raportin valmistumiseen voi mennä aikaa useita kuukausia. Kustannuksiltaan tällainen yhtä rakennusta koskeva tutkimus maksaa useita tuhansia euroja (n. 10 000 - 30 000 €, alv 0 %).

Tampereen teknillisessä yliopistossa on kehitetty korjaushankkeen arviointi- ja seurantalomake (KAS-lomake), johon kerättyjä lähtötietoja voidaan hyödyntää myös priorisoinnissa (Tampereen teknillinen yliopisto 2016). Lähtötietojen kerääminen lomakkeelle vaatii kuitenkin melko paljon aikaa, joten kyseinen lomake ei vastaa tässä työssä asetettuun ehtoon nopeudesta.

Työterveyslaitos on kehittänyt 2000-luvun loppupuolella erityisesti kuntien tarpeisiin rakennusten terveystarkastusten Priorita-arviointimenetelmän, joka tarkoitettiin avuksi havainnoimaan erityisesti rakennuksen tekniseen kuntoon ja sisäympäristöön liittyviä ongelmia sekä päättämään toimenpiteiden kiireellisyysjärjestyksestä (Hometalkoot 2016). Erityisasiantuntija Tarja Mäkelältä sähköpostitse 9.11.2015 saadun tiedon mukaan kyseinen menetelmä ei kuulu tällä hetkellä Työterveyslaitoksen palveluvalikoimaan vaan heillä on kehitteillä uusi Pritame –tuoteperhe. Pritame ei ole vielä käytössä (11/2016) eikä sen sisällöstä ole saatavilla enempää tietoa.

Rakennuksista voidaan saada tietoa myös kyselyiden avulla. Työterveyslaitoksella (TTL) on jo pitkään ollut käytössä henkilökunnalle suunnattu sisäilmastokysely, jonka pohjalta voidaan arvioida rakennuksen terveellisyttä. Tämän kyselyn yksi heikkous on siinä, että sen perusteella kohteita ei voida suoraan priorisoida, jolloin priorisointi tulosten perusteella edellyttää runsaasti aikaa. Hinnaltaan kysely on kuitenkin kohtuuhintainen. Hinta määräytyy henkilökunnan määrän mukaan ja pääasiassa arvonnalisäveroton hinta on vajaa 800 € kohdetta kohdin (Työterveyslaitos 2014).

Vuonna 2014, opinnäytetyön alkuvaiheessa, Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitoksella (THL) oli käytössä myös kysely, joka on suunnattu lapsille (oppilaat) ja sen

pohjalta voitiin arvioida rakennuksen terveellisyyttä. Kyseisen kyselyn hinta määräytyi vastausten määrän mukaan ja tulosten analysointi- ja raportointipalvelu oli mahdollista vain, jos kysely toteutetaan samalla myös vauriottomassa vertailukoulussa. Tällaisen kyselyn kokonaishinnaksi olisi tullut 200 oppilaan koulussa (olettaen, että kaikki vastaavat) noin 4200 € (ALV 0 %). (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2014.) Tämä menetelmä vaati myös tilaajalta Työterveyslaitoksen kyselyyn nähden enemmän aikaa, sillä sopivan vertailukoulun löytyminen kuului tilaajan vastuulle ja tällaisen löytyminen voi olla hankalaa ja työlästä.

Edellä esitetty THL:n kysely ei ole enää käytössä vaan tilalle on kehitetty toinen oppilaille suunnattu kysely. Kysely on vielä kehitysvaiheessa ja hinta on tällä hetkellä 2700 € (alv 0 %) kohdetta kohti. Hinta sisältää aineiston analysoinnin ja tulosten raportoinnin yhden kohdekoulun osalta sisältäen vertailukoulun. Mikäli kysely tehdään useammassa koulussa tai halutaan tila- tai luokkakohtaisia vertailuja, hinta arvioidaan tapauskohtaisesti. Seurantakyselyn hinta on 1365 € (alv 0 %). (Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2016.) Kysely on melko hintava eikä käsitykseni mukaan tuota suoraan vertailukelpoista lukuarvoa.

Turun yliopiston professori Tuula Putus tekee myös oman yrityksensä kautta päiväkotilasten, koululaisten, opiskelijoiden ja henkilökunnan terveydentilan selvityksiä ja riskinarviointeja ennen korjaustoimia (Indooraid 2014). Hinnaltaan kysely on kohtuuhintainen (sähköpostiviesti Putus T. 21.9.2014), mutta kuten TTL:n ja THL:n kyselyt, tämäkään kysely ei käsitykseni mukaan tuota suoraan vertailukelpoista aineistoa.

### 3 TYÖN TAVOITE JA RAJAUKSET

#### Tavoite

Tällä hetkellä ei ole tarjolla tarpeita vastaavaa priorisointimenetelmää vaan menetelmien heikkoutena on useimmiten niiden hitaus ja tätä kautta menetelmän käyttö aiheuttaa myös suurehkoja kustannuksia.

Tarvetta vastaavan priorisointimenetelmän puutetta vahvistaa myös Kuntaliiton vetämän Sisäilmasto ja energiatehokkuus SE 5 -projektin projektisuunnitelmassa (Rontu & Korhonen 2014) mainittu toteamus, että *”edelleen puuttuu kuitenkin sellainen työkalu, jolla voitaisiin saada helposti ja nopeasti kuva koko kunnan rakennuskannan koetusta sisäilmaston laadusta”*.

Tarvittavan menetelmän puuttuminen on toiminut tämän työn lähtökohtana. Nopeuden ja edullisuuden tarpeet rajaavat joukosta menetelmät, jotka tällä hetkellä ovat käytössä. Jotta menetelmä on nopea, on sen tuotettava vertailukelpoista tietoa vähällä työpanoksella. Työpanoksen määrä luonnollisesti vaikuttaa hintaan. Ainoa keino saavuttaa näitä tavoitteita on kehittää menetelmä, joka tuottaa ”automaattisesti” rakennuksen terveellisyyttä kuvaavan vertailukelpoisen lukuarvon. Lukuarvon perusteella rakennus voitaisiin laittaa esimerkiksi seuraavan kaltaisiin luokkiin:

- ei sisäilmaongelmia/vähäisiä sisäilmaongelmia (*terveyshaittariski vähäinen*)
- jonkin verran sisäilmaongelmia (*terveyshaittariski kohtalainen*)
- merkittäviä sisäilmaongelmia (*terveyshaittariski suuri*)

Luvussa 1.1 kuvatun sisäilmaongelman määritelmän pohjalta on tärkeää, että käyttäjien kokemukset tulevat huomioituksi rakennuksen terveellisyyttä arvioitaessa. Työkokemuksen kautta on tehty havaintoja siitä, että käyttäjien kokemukset korreloivat rakennuksen terveellisyyden kanssa ja käyttäjät pystyvät varsin hyvin kertomaan rakennukseen kohdistuvista havainnoistaan ja rakennuksen sisäil-

masta. Tämän havainnon johdosta pidettiin mielenkiintoisena tutkittavana aiheena sitä, ***voisiko yksistään käyttäjien kokemusten ja havaintojen perusteella priorisoida rakennuksia terveellisyyden mukaan.***

Ihmisen aisteja voidaan pitää hyvänä sisäilmamittarina ja tiedon kerääjinä. Nenän ja silmien limakalvot ovat herkkiä erilaisille kemikaaleille ja ihminen pystyy havaitsemaan, kuvailemaan ja ilmaisemaan määrällisesti lukuisia ympäristötekijöitä (tekijä, aika ja paikka). Toisinaan käyttäjät ovat myös ainoa tietolähde, kun halutaan sisäilman laatuun liittyvää historiatietoa. (Row 2001, 53.2–53.3). Tämä tosiasia tukee ajatusta siitä, että käyttäjien kokemuksia voitaisiin käyttää rakennuksen terveellisyyttä arvioitaessa.

Työterveyslaitoksen, Terveysten- ja hyvinvoinnin laitoksen ja Tuula Putuksen kyselyt perustuvat myös käyttäjien kokemuksiin ja antavat viitteitä rakennuksen terveellisyydestä. Nämä kyselyt eivät kuitenkaan tuota helposti vertailukelpoista aineistoa, joten ne eivät vastaa tarpeeseen nopeasta menetelmästä. Pietarisen (2008, 62) tekemässä tutkimuksessa verrattiin henkilökunnalle tehdyn Työterveyslaitoksen sisäilmastokyselyn tuloksia ja rakennusten kosteus- ja homevauriotutkimustuloksia keskenään. Tulosten perusteella niissä kohteissa, joissa oli laaja-alaisia kosteus- ja homevaurioita, oli selvästi enemmän myös erilaisia työympäristöhaittoja ja koettuja oireita ja niitä esiintyi myös selvästi yleisemmin. Tämä antaa viitteitä siitä, että henkilökunnan kokemuksia voitaisiin käyttää apuna arvioidessa rakennuksen terveellisyyttä.

Henkilökunnan kokemusten kerääminen järjestelmällisesti kyselyllä yhdistettynä sellaiseen tulosten laskentamenetelmään, joka tuottaa vertailukelpoisen lukuarvon, voisi vastata tarpeita. Tämän pohjalta työn tavoitteeksi asetettiin seuraavaa:

#### **Työn tavoitteena on**

- laatia sisäilmaongelmaisten rakennusten priorisointiin soveltuva kysely,
- luoda laskentamenetelmä, joka tuottaa tulosten perusteella vertailukelpoisen, rakennuksen terveellisyyttä kuvaavan lukuarvon, ja

- **että kysely ja lukuarvon laskenta voidaan toteuttaa nopeasti ja edullisesti**

Tavoitteen pohjalta tehtäväksi muodostui vastausten hankkiminen alla oleviin kysymyksiin:

- 1) Millainen kyselyn tulee olla, jotta se mittaa rakennuksen terveellisyyttä (validiteetti)?
- 2) Millainen kyselyn pitää olla, jotta kyselyn tulokset eivät muutu, jos se toistettaisiin kohteessa (reliabiliteetti)?
- 3) Miten kysely ja laskenta pitää toteuttaa, jotta ne voidaan toteuttaa nopeasti?
- 4) Miten kysely ja laskenta pitää toteuttaa, jotta ne voidaan toteuttaa edullisesti?
- 5) Miten kyselyn tulosten pohjalta kohteet voidaan terveellisyyden mukaan luokitella (laskentamenetelmä)?
- 6) Miten soveltuvuus priorisointiin voidaan varmistaa?

Edulliseksi menetelmäksi määriteltiin menetelmä, jossa yhden kohteen priorisoinnista aiheutuvat tilauskustannukset ulkopuoliselta palveluntarjoajalta ovat maksimissaan noin 500 euroa (ALV 0 %). Nopeudella tarkoitetaan sitä, että tilaajan ei tarvitse käyttää paljon aikaa priorisointiin ja tavoitteeksi asetettiin, että maksimissaan yhden kohteen priorisointiin saisi tilaajalta kulua aikaa noin 2 tuntia rakennusta kohden.

Päätöksiä rakennuksiin kohdistuvista tutkimuksista, korjauksista ja niiden laajuudesta tehdään usein yksittäisten valitusten pohjalta. Nämä ovat kuitenkin yleensä huonoja indikaattoreita sisäilmaongelmien todellisesta luonteesta ja niiden laajuudesta (Row 2001, 53.2, 53.7). Kyselyn avulla sen sijaan voidaan saada tietoa järjestelmällisesti ja voidaan helpottaa päätöksentekoa sekä tehdä yhdenmukaisia ja perusteltuja päätöksiä. Kyselyn tulosten pohjalta kunnat pystyvät kohdentamaan vähäiset resurssit sellaisiin rakennuksiin, joiden korjaamisella voidaan poistaa merkittäviä sisäilmahaittoja.

## Rajaukset

Kyselyn tarkoituksena on kyetä priorisoimaan rakennuksia, joten kyselyllä ei tarvitse pyrkiä löytämään absoluuttista totuutta rakennuksen kunnosta ja sen mahdollisista terveyshaittoja aiheuttavista tekijöistä. Olennaista on löytää sellaiset tekijät, jotka indikoivat riittävällä tarkkuudella rakennuksen terveellisyyttä, ja joiden pohjalta rakennukset voidaan terveellisyyden mukaan laittaa järjestykseen.

Terveyshaittatekijät on valittu sillä perusteella, mitä tekijöitä on esitetty sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (545/2015), terveydensuojelulain (963/1994) nojalla julkaistussa asumisterveysohjeessa ja kansainvälisissä monialaisten asiantuntijaryhmien laatimissa julkaisuissa (WHO 2007 ja 2010, European Commission 2014, ISIAQ 2004) ja samoja tekijöitä tulee myös esille lukuisissa tieteellisissä artikkeleissa.

Radon jätettiin sen haitallisuudesta huolimatta pois siitä syystä, että käyttäjä ei voi sitä aistia tiloissa millään tavalla. Radonkaasu ei haise eikä se näy. Radonin haitallisuus perustuu syöpävaarallisuuteen, joten se ei aiheuta myöskään oireilua, vaan haitallisuus tulee esille yleensä vasta pidemmän ajan kuluttua syövän puhkeamisena. (Säteilyturvakeskus 2016.)

Eri haittatekijät voivat joko hidastaa tai nopeuttaa kemiallisia reaktioita. Esimerkiksi korkea lämpötila voi edesauttaa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden haihtumista materiaaleista. Tässä työssä on kuitenkin keskitytty kunkin tekijän ensisijaisiin vaikutuksiin lukuun ottamatta ilmanvaihtuvuutta ja rakennekosteutta. Esimerkiksi lämpötilan ensisijaiseksi vaikutukseksi on tässä työssä määritelty tilojen käyttäjien kokemat lämpöolosuhteet ja toissijaisena vaikutuksena pidetään vaikutusta muihin tekijöihin.

Tässä kehittämistyössä sisäilmaongelmainen rakennus on rajattu koskemaan vain kouluja. Rajaamalla testauskohteet samantyyppiseksi (koulut), on myös mahdollista pienemmällä otoskoolla tehdä varteenotettavia johtopäätöksiä tuloksista.

Kouluissa kyselyn piiriin valittiin opetushenkilökunta ja siihen rinnastettavat työntekijät (esim. sihteerit, psykologit). Keittiöhenkilökunta ja siivoojat jätettiin pois, sillä näiden ammattiryhmien työ voi jo itsessään aiheuttaa oireilua aiheuttaen enemmän virhettä tuloksiin.

Oireilua koskevien kysymysten laatiminen ja vastausten tulkinta on haastavaa ja tulkinnat on syytä aina jättää terveydenhuollon ammattilaisen tehtäväksi. Tästä syystä kysely laadittiin olosuhdepainotteiseksi ja oireilun esiintymistä selvitetään vain yhdellä kysymyksellä.



## 4 KEHITTÄMISMENETELMÄ

Tämä opinnäytetyö on selkeästi kehittämistyö, joten tämä luku on otsikoitu tutkimusmenetelmän sijaan termillä kehittämismenetelmä. Myös Riitta Seppänen-Järvelä tekee selkeän eron kehittämismenetelmien ja tutkimusmenetelmien välille (Toikko & Rantanen 2009, 18). Tutkimusmenetelmiä on lukuisia, mutta ne palvelevat useimmiten perustutkimusta (joka keskittyy selittämään ja kuvailemaan tutkittavaa ilmiötä) eivätkä niinkään kehittämistöitä. Lisäksi ylemmän ammattikorkeakoulun opinnäytetyö on selvästi kehittämiseen painottuva, mikä käy hyvin ilmi Opetusministeriön muistiosta. Sen mukaan opinnäytetyön *tavoitteena on kehittää ja osoittaa kykyä soveltaa tutkimustietoa ja käyttää valittuja menetelmiä työelämän ongelmien erittelyyn ja ratkaisemiseen sekä valmiutta itsenäiseen vaativaan asiantuntijatyöhön* (Opetusministeriö 2009, 27). Näin ollen kehittämismenetelmä-termiä on pidetty paremmin luvun sisältöä kuvaavana.

Toikko & Rantanen (2009) ovat tuoneet esille käsitteen ”tutkimuksellinen kehittämistoiminta” ja tässä työssä on hyvin pitkälle sovellettu heidän esittämää ajatusta kehittämistyön prosessista. Konstruktiivinen tutkimusmenetelmä vastaa monelta osin Toikon & Rantasen esittämää prosessia ja jäljempänä on kuvattu myös tätä menetelmää.

Kehittämistöissä keskeistä on se, että sen tavoitteet määritellään ulkoapäin tai ylhäältäpäin (esim. johto) ja kehittämistyö tähtää muutokseen, sillä tavoitellaan jotakin parempaa ja tehokkaampaa kuin aikaisemmat toimintatavat tai -rakenteet (Toikko & Rantanen 2009, 15–16).

Toikon & Rantasen (2009, 57–61) mukaan kehittämisprosessi voidaan jakaa viiteen eri vaiheeseen seuraavasti:

### 1) Perustelut

Ensimmäisessä vaiheessa on tärkeää kyetä perustelemaan, miksi jotakin pitää kehittää juuri nyt. Useimmiten tässä vaiheessa nojaututaan esiin tulleen ongelmaan, joka halutaan ratkaista tai visioon, jonka johdosta on tarvetta saada muutoksia aikaiseksi.

## 2) Organisointi

Ongelman määrittelyn jälkeen siirrytään toimintasuunnitelman laatimiseen, jossa kuvataan kehittämisen tavoite, miten tavoite aiotaan saavuttaa ja ketkä kehittämistoimintaan osallistuvat ja millaisessa roolissa.

## 3) Toteutus

Toteutusvaihe on luovaa ideointia, jossa etsitään hyvää tavoitteen mukaista tuotosta. Siihen voi sisältyä eri vaihtoehtojen kokeilua ja testaamista ja mallintamista.

## 4) Arviointi

Tässä vaiheessa arvioidaan ongelman määrittelyä, sen ratkaisutarvetta, organisointia ja toteutusta sekä arvioidaan, miten määritelty tavoite on saavutettu. Arvioinnin perusteella tarvittaessa kehittämisen suuntaa voidaan muuttaa.

## 5) Tulosten levittäminen

Kehittämistoimintaan voidaan katsoa kuuluvaksi myös tuotoksen levittäminen laajemmalti. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi uuden toimintatavan käyttöönottoa. Tätä ei välttämättä pidetä kuitenkaan selkeänä osana kehittämisprosessia (Toikko & Rantanen 2009, 62), vaikka toisaalta ilman lopullisen tuotoksen levittämistä (jalkauttamista) kehittämisprosessin aikaansaama tuotos ja sen kehittämiseen käytetty työpanos menevät hukkaan vaikka prosessi itsessään tuottaakin uutta tietoa riippumatta lopputuloksesta. Tässä mielessä tulosten levittämisen voisi katsoa olevan olennainen osa onnistunutta kehittämisprosessia.

Vaikka prosessi on jaettu eri vaiheisiin, käytännössä prosessi etenee hyvin spaghetti-maisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että *ajattelu ja toiminta, logiikka ja emotiot, mieli ja ruumis, julkilausuttu tieto ja hiljainen tieto, makro- ja mikrotaso sekä järjestys ja kaaos kietoutuvat toisiinsa* (Toikko & Rantanen 2009, 72). Tämä kuvastaa hyvin sitä, miten monivaiheisesta ja moniulotteisesta työstä kehittämisessä on kyse eikä se käytännössä etene lineaarisena ja selväpiirteisenä prosessina.

Vaiheet menevät todellisuudessa päällekkäin ja prosessi on vuoropuhelua ja pohdiskelevaa työtettä korostava (Toikko & Rantanen 2009, 69).

Onnistuneen kehittämistoiminnan lopputuloksella on todennäköisesti kysyntää myös laajemmin. Erityisen onnistuneena kehittämistyötä voidaan pitää silloin kun kehitettävä tuote tai palvelu voidaan tuotteistaa. Tällöin kehitettävälle tuotteelle luodaan palvelukonsepti, jossa määritellään tiiviisti mitä tuotetaan, kuka tuotetta käyttää, miten tuote tuotetaan sekä miksi kohderyhmät valitsisivat juuri kyseisen tuotteen (Toikko & Rantanen 2009, 75, 86.)

Tuotteistamisen toisessa vaiheessa luotu konsepti arvioidaan ja sitä voidaan verrata esimerkiksi muihin vastaaviin tuotteisiin. Seuraavaksi konseptille voidaan esimerkiksi luoda imago ja se on järkevä testata esimerkiksi testaajien omassa testiympäristössä (pilotointi). Tuotteistaminen päättyy konseptin levittämiseen ja markkinointiin ja tätä vaihetta helpottaa, jos tuotteen kehittämisessä on ollut mukana laaja yhteistyöverkosto (Toikko & Rantanen 2009, 86–87.)

Konstruktiivisessa tutkimusmenetelmässä on paljon yhtäläisyyksiä Toikon & Rantasen kuvaamaan kehittämisprosessiin, vaikka siinä tutkimuksellinen ote painottuu kehittämisprosessia enemmän. Menetelmän avulla on tarkoitus ratkoa todellisia käytännön ongelmia ja tästä johtuen menetelmälle on luonteenomaista, että tutkijan on ymmärrettävä käytännön ongelmaa syvällisesti, jotta hän pystyy tuomaan ongelmanratkaisun avuksi riittävän teoreettisen tiedon. (Lukka 2016.)

Konstruktiivinen tutkimusmenetelmä voidaan jakaa seitsemään eri vaiheeseen (Lukka 2016; Oyegoke 2011, 574):

### **1) Käytännön ongelman löytyminen**

Kuten Toikon & Rantasen esittelemässä kehittämisprosessissa, tässä menetelmässä ensimmäisenä vaiheena on löytää sellainen käytännön ongelma, jolla on myös tutkimuksellista potentiaalia. Tällainen voi olla esimerkiksi asiakkaan tyytymättömyys toimitusaikaan tai ylittynyt budjetti. (Lukka 2016; Oyegoke 2011, 580.) Konstruktiivisessa tutkimusmenetelmässä on myös olennaista kyetä perustelemaan ongelma jollakin tapaa ja

se voi perustua esimerkiksi kokemuksen kautta saatavaan näyttöön (Oyegoke 2011, 580).

## **2) Tutkimusyhteistyön luominen**

Menetelmässä korostetaan tutkijan ja käytännön asiantuntijoiden välistä yhteistyötä (Lukka 2016; Oyegoke 2011, 581). Näin ollen tutkimuksen alkuvaiheessa on tärkeää luoda sellainen yhteistyö, jossa molemmat osapuolet sitoutuvat (usein merkittäviin) panostuksiin projektissa. Tutkijan on hyvä olla jäsenenä työryhmässä, joka ongelman ratkaisemiseksi muodostetaan. Projektiryhmässä pitäisi olla myös tärkeitä avainjäseniä kohdeorganisaatiosta. Kokemus on osoittanut, että tutkijan ja kohdeorganisaation välisen hyvän yhteistyön luominen on edellytys projektin onnistumiselle. (Lukka 2016.)

## **3) Syvällinen aiheeseen perehtyminen sekä käytännöllisesti että teoreettisesti**

Tässä vaiheessa tutkijan tehtävänä on perehtyä syvällisesti aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen mutta yhtä lailla olennaista on perehtyä käytännön työhön (Lukka 2016; Oyegoke 2011, 581). Tutkijan tehtävänä on varmistaa, että hän on tietoinen alan aiemmista teorioista, jotta hän voisi perustaa tulevan kehitystyönsä aiempaan tietämykseen ja jotta hän kykenisi myöhemmin tunnistamaan ja analysoimaan tutkimuksen teoreettista kontribuutiota (tuotosta) (Lukka 2016).

## **4) Ratkaisumallin innovointi**

Toikon & Rantasen esittelemässä kehittämisprosessissa yksi tärkeimmistä vaiheista on uuden tuotteen/palvelun/konseptin luominen ja samoin on myös konstruktivisessa tutkimusmenetelmässä.

Tämä vaihe on luonteeltaan luova, ja siksi siihen on tarjolla hyvin vähän yleispäteviä metodologisia ohjeita. Tavoitteena on luoda alkuvaiheessa määriteltyyn ongelmaan ratkaisu, jossa yhdistyy syvällinen teoreettinen tietämys, että käytännön kokemus (Lukka 2016; Oyegoke 2011, 583).

## **5) Ratkaisumallin toimivuuden testaus**

Työelämässä kehitetään jatkuvasti erilaisia ratkaisuja ongelmiin ilman, että niiden toimivuutta testataan millään tavalla. Luodun tuotoksen testaus tuo ongelmanratkaisuprosessiin tutkimuksellisen otteen ja tämä on konstruktivisen tutkimusmenetelmän ominaispiirre (Lukka 2016). Pilotointi on useimmiten tarkoituksenmukaisin menetelmä testata tuotoksen toimivuutta käytännössä (Oyegoke 2011, 585). Myös Toikon & Rantasen esittelemässä kehittämisprosessissa uuden ratkaisun testaaminen on olennainen vaihe.

## **6) Tulosten analysoiminen ja sovellettavuus**

Tässä vaiheessa tärkeintä on prosessin tulosten ja sen ennakkoehtojen analysoiminen. Jos innovoitu tuotos tuotti ennalta odotetut tulokset, on luonnollisesti mielenkiintoista pohtia, miten laajasti ja millä tapauskohtaisilla muunnoksilla tuotos voisi olla siirrettävissä toisiin organisaatioihin. (Lukka 2016; Oyegoke 2011, 587.)

## **7) Teoreettisen kontribuution (tuotoksen) tunnistaminen ja analysoiminen**

Tässä vaiheessa peilataan uutta tuotosta teoriaan ja arvioidaan, miten onnistunut tuotos on teorian valossa. Teorian perusteella tuotoksen on voitu arvioida toimivan, mutta testausvaiheessa saatetaan huomata, että uusi kontribuutio ei toimikaan. (Lukka 2016.)

Toikon & Rantasen kehittämisprosessissa ja konstruktivisessa tutkimusmenetelmässä on paljon yhtäläisyyksiä ja tästä syystä tässä työssä sovellettiin molempia menetelmiä tarpeen mukaan. Seuraavaksi kerrotaan lyhyesti tämän opinnäytetyön kehittämisprosessi ja miten se nivoutuu edellä esitettyihin menetelmiin.

### **1) Käytännön ongelman määrittely ja sen perusteleminen**

Tämän opinnäytetyön aihe perustuu käytännön työssä havaittuun ongelmaan, johon käytännön työssä on kaivattu ratkaisua. Kehittämistyölle asetettiin ehdot/tavoitteet, jotka lopullisen tuotoksen tulisi täyttää (nopeus, edullisuus, mitattava rakennuksen terveellisyyttä).

### **2) Uuden konstruktion innovointi**

Tässä opinnäytetyössä yhteistyön luomisvaihe jätettiin väliin, sillä vuosien käytännön työ korvasi hyvin pitkälle tätä vaihetta. Suurimpana vaikuttimena oli kuitenkin se, että tavoitteena oli kehittää tuotos, jolla voisi olla myös kaupallista arvoa. Tekijänoikeuksien säilyminen täysimääräisesti työn tekijällä rajoitti tiivistä yhteistyötä muiden asiantuntijoiden kanssa. Innovointia toteutettiin Toikon & Rantasen kuvaamalla spagettimaisella prosessilla ja todellisuudessa innovointi on saanut alkunsa jo paljon ennen opinnäytetyön aloittamista. Yhtä lailla aiheen teoriaan ja käytäntöön perehtyminen on tapahtunut vuosien varrella sisäilmaongelmien parissa työskennellessä.

### **3) Kyselyn ja laskentamenetelmän toimivuuden testaus**

Kyselyn ja laskentamenetelmän toimivuutta testattiin 17 kohteessa.

### **4) Tulosten arvioiminen ja sovellettavuus**

Testauksen jälkeen arvioitiin sitä, täyttääkö luotu tuotos asetetut ehdot ja millaisiin kohteisiin menetelmää voisi käyttää.

### **5) Johtopäätökset**

Tavoitteiden toteutumisen arvioinnissa pohditaan erityisesti sitä, mittaako laadittu kysely rakennuksen terveellisyyttä ja peilataan saatuja tuloksia teoriaan ja käytäntöön. Lisäksi pohditaan nopeuden ja edullisuuden vaatimusten toteutumista. Johtopäätös-osioon voitaneen laskea kuuluvaksi myös kehittämistarpeet, sillä ne tulevat esille tavoitteiden toteutumisen arvioinnissa.

## 5 TERVEYSHAITTATEKIJÄT

Terveystensuojelulain (763/1994) 1 §:n mukaan terveyshaitalla tarkoitetaan

- *ihmisessä todettavaa sairautta,*
- *muuta terveydenhäiriötä tai*
- *sellaisen tekijän tai olosuhteen esiintymistä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyttä.*

Terveyshaittatekijä on siis sellainen tekijä, joka voi aiheuttaa ihmisen terveydelle haittoja (haitallisia terveysvaikutuksia). Rakennus voidaan lisäksi tulkita olevan käyttäjilleen epäterveellinen, vaikkei kukaan ole vielä sairastunut tai oireillut. Riittää kun olosuhteiden voidaan todeta olevan riski ihmisen terveydelle.

Terveyshaittatekijöiden määrittelemineen yksiselitteisesti on kuitenkin täysin mahdoton tehtävä. Rakennuksessa ja siihen liittyvissä teknisissä järjestelmissä itsessään voi olla lukuisia eri tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa tilojen käyttäjille oireilua. Yhtä lailla oireilun taustalla voi olla myös esimerkiksi rakennuksessa harjoitettava toiminta sekä ihmisten mukanaan muualta tuomat epäpuhtauden ja ulkoilman saasteet. Yksittäiset henkilöt voivat lisäksi reagoida hyvin voimakkaasti erilaisille hajusteita sisältäville tuotteille kuten siivouskemikaaleille, hajuvesille ja erilaisille kosmeettisille tuotteille. Näiden eri tekijöiden erottaminen toisistaan ei ole aina mutkatonta.

Rakennuksessa voi olla erilaisia epäpuhtauksia, joiden terveysvaikutuksista ei ole tutkittua tietoa. Niille tekijöille, joiden tiedetään aiheuttavan terveysvaikutuksia, ei ole olemassa selkeitä lukuja, joiden ylittymisen tai alittumisen voisi yksiselitteisesti todeta aiheuttavan terveysvaikutuksia. Rajanveto viihtyvyys- ja terveyshaittojen välille ei myöskään ole selkeää ja käytännössä näiden välissä on ns. harmaa alue, mikä tekee rakennuksen terveellisuuden arvioimisesta haastavaa.

Seuraavissa alaluvussa käsitellään tekijöitä, joiden terveysvaikutuksista on tutkimuksien saatu viitteitä. Valitut tekijät on jaoteltu kolmeen eri osa-alueeseen. Ensin esitellään fysikaaliset tekijät, sitten mikrobiologiset ja lopuksi kemialliset tekijät. Kukin haittatekijä on määritelty lyhyesti ja kerrottu, millaisia terveysvaikutuksia haittatekijän esiintymisellä voi olla. Lisäksi tuodaan esille, miten suuria poikkeamia haittatekijässä on esiinnyttävä, jotta sen voidaan katsoa olevan terveysriski. Kunkin haittatekijän seurausten vakavuutta arvioidaan luvussa 8.2 (vastauksen painoarvottaminen).

Laatuajattelu sopii mielestäni hyvin tähän yhteyteen kuvaamaan tässä tarkoitettuja poikkeamia. Terveellinen rakennus on jotakin ennalta määriteltyä, yhteisesti sovittua ja rakennuksesta tulee ei-terveellinen silloin, kun siinä esiintyy poikkeamia terveellisestä rakennuksesta. Aivan kuten jonkin tuotteen valmistuksessa määritetään ennalta laatupoikkeamat, joiden ylittymisen johdosta tuote luokitellaan virheelliseksi. Mitä suuremmasta poikkeamasta on kyse, sen virheellisemmäksi tuote voidaan tulkita. Poikkeamat voivat olla myös vaikutuksiltaan erilaisia. Jotkut poikkeamat voivat tehdä tuotteesta käyttökelvottoman, kun taas joillakin poikkeamilla voi olla vain esteettinen vaikutus.

Tässä luvussa esitellyt terveysriskejä lisäävät poikkeamat eivät siis edusta absoluuttisia totuuksia vaan ne ovat juuri näitä yhteisesti sovittuja asioita. Tässä työssä poikkeamien määrittelyn lähtökohdaksi on otettu lainsäädännössä ja sen nojalla julkaistuissa ohjeissa sekä muissa vastaavan tasoissa valtakunnallisissa ohjeissa määriteltyt ohje-, viite- ja tavoitearvot niin, että näiden arvojen ylittyminen katsotaan terveysvaikutuksia aiheuttaviksi poikkeamiksi. Olkoonkin, että nämä arvot harvemmin ovat terveysperusteisia eikä kaikkia ole välttämättä tarkoitettu rakennuksen terveellisyyden arvioimiseen, antavat ne kuitenkin käsityksen siitä, millaisten vaatimusten sisällä terveellinen rakennus on ja millaisten olosuhteiden vallitessa terveysriskit voivat kasvaa. Ohje-, viite- ja tavoitearvojen tarkoituksena on kaiketi turvata käyttäjille terveelliset tilat, joten tältä kannalta katsottuna arvoihin liittyy kuitenkin selkeä terveysnäkökohta.



## 5.1 Fysikaaliset tekijät

### 5.1.1 Ilmanvaihtuvuus

#### **Määritelmä**

Ihminen ja lemmikit tuottavat sisäilmaan epäpuhtauksia, rakennusmateriaaleista ja irtaimistosta haihtuu erilaisia yhdisteitä, toiminnoista voi vapautua myös erilaisia yhdisteitä sekä kosteutta ja lämpöä sisäilmaan. Jotta sisäilma tuntuisi hyvältä eikä aiheuttaisi terveysvaikutuksia, on sisäilmaa puhdistettava jatkuvasti eli ilman on vaihduttava kokonaan riittävän useasti. Heikon ilmanvaihtuvuuden johdosta epäpuhtauspitoisuudet sisäilmassa kasvavat sekä ilman lämpötila ja kosteuspitoisuus kohoavat.

Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa asunnon ja muiden oleskelutilojen sisäilmasta epäpuhtauksia sekä kosteutta ja liiallista lämpöä sekä samalla huolehtia puhtaan korvausilman saannista (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 21).

#### **Terveydelliset vaikutukset**

Heikon ilmanvaihtuvuuden johdosta sisäilman epäpuhtauksien pitoisuudet kasvavat ja tätä kautta käyttäjät voivat oireilla. Oireilu riippuu siitä, millaisia epäpuhtauksia tilassa esiintyy. Jos rakenteissa ei ole esimerkiksi homevaurioita, oireet voivat rajautua esimerkiksi päänsärkyyn ja väsymykseen. Mutta jos rakenteissa on homevaurioita, oirekirjo voi olla huomattavasti moninaisempi ja terveydelliset vaikutukset merkittävämpiä.

#### **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Rakentamista ohjaa rakentamismääräyskokoelmassa esitetyt määräykset ja ohjeet ja niitä noudattamalla rakennuksen tulkitaan olevan terveellinen ja turvallinen. Ilmanvaihdon tarve riippuu sisätiloissa toteutettavista toiminnoista sekä henkilömäärästä. Rakentamismääräyskokoelman osassa D2 (Ympäristöministeriö 2012, 26) on määritelty koulun osalta ilmanvaihdon minimiksi 6 l/s/hlö. Hyväksyt-

tävä järjestelmäkohtainen ilmapvirran mitoitusarvon poikkeama on  $\pm 10\%$  ja huonekohtainen  $\pm 20\%$  (Ympäristöministeriö 2012, 23). Tämän johdosta käytännössä joissakin tiloissa ilmapvirta voi olla alle 6 l/s/hlö ja se on kuitenkin rakentamismääräysten mukainen ja tällöin tilojen tulkitaan olevan terveellinen käyttäjilleen.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (545/2015) ilmanvaihtuvuuden riittävyyttä arvioidaan hiilidioksidipitoisuuden perusteella. Jos se on 1150 ppm (part per million) ulkoilman pitoisuutta korkeampi, tällöin heikon ilmanvaihtuvuuden voidaan katsoa aiheuttavan riskin terveydelle. Koska terveydensuojelulainsäädännön ja rakentamismääräyksien ei ole katsottu olevan ristiriidassa keskenään, tämä vaatimus ei ylitä rakentamismääräysten vaatimuksia.

Kansainvälinen, monialainen tutkijaryhmä (Wargock ym. 2002, 125) on arvioinut laajan kirjallisuuskatsauksen pohjalta ilmanvaihtuvuuden merkitystä ihmisen terveydelle. Keskeinen johtopäätös oli, että riski sisäilmasta johtuvalle oireilulle kasvaa ilmanvaihtuvuuden ollessa alle 25 l/s/hlö (toimistot). Huomionarvoista tässä on se, että kyseinen ilmamäärä on huomattavan suuri suhteessa normeihin, jotka ovat käytössä useissa maissa (Sundell ym. 2006, 13). Se, mistä tämä merkittävä ero johtuu, jäi tämän työn puitteissa selvittämättä.

### 5.1.2 Lämpötila ja veto

#### **Määritelmä**

*Lämpötila* on fysikaalinen suure, jonka avulla voidaan ilmaista, kuinka kylmää tai lämmintä jokin on (Zimmerman Jones 2016). Ihmisen kokemaan lämpötila-aistimukseen vaikuttaa mitatun lämpötilan lisäksi lämpösäteily, ilman virtausnopeus ja kosteus sekä vaatetus ja ihmisen toiminnan laatu (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 9).

*Veto* on yleisesti käytetty käsite, joka vaikuttaa lämpötila-aistimukseen. Vedon tunne aiheutuu ihon paikallisesta jäähtymisestä ja sen tärkein aiheuttaja on ilma-

virtaus (Työterveyslaitos 2016b). Vetoa aiheuttavat ilmavirtaukset syntyvät lämpötilaeroista tai jostain muusta syystä, joka voi aiheuttaa ilman liikettä (esimerkiksi koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä).

### **Terveydelliset vaikutukset**

Suomessa sisätiloissa lämpötilat eivät yleensä aiheuta sairauksia ja oireiluakin (palelu, hikoilu) harvemmin. Veto voi pahentaa tuki- ja liikuntaelinsairauksien oireita. (Seuri & Palomäki 2000, 36, 45.) Lämpötilapoikkeamien aiheuttamat haitat ovatkin pääasiassa viihtyvyshaittoja ja tuottavuutta laskevia (Fisk 2001, 4.21).

### **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Lainsäädännön nojalla on annettu ohjearvoja, joiden alittuminen tai ylittyminen katsotaan terveysriskiksi. Sisälämpötilan tulee esimerkiksi koulun luokkahuoneessa olla lämmityskaudella +20...+26 °C ja kesäaikaan lämpötila saisi nousta maksimissaan + 32 °C:een (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015, liite 1).

Ilman virtausnopeudelle on myös määritelty sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (545/2015) liitteessä 1 enimmäismäärät (vetokäyrä), joiden ylittyminen tulkitaan sellaiseksi tilanteeksi, että se voi aiheuttaa terveydellisiä haittoja.

## **5.1.3 Ilmankosteus**

### **Määritelmä**

Ilma sisältää aina jonkin verran vettä ja ilmankosteudella tarkoitetaan ilman sisältämää vesimäärää. Ilmassa vesi on kaasumaisessa muodossa eli vesihöyrynä. Tietynlämpöinen ilma voi sisältää enimmillään tietyn verran vesihöyryä ja tätä maksimi vesihöyryn määrää kutsutaan kyllästyskosteuspitoisuudeksi. Tällöin ilman suhteellinen kosteus on 100 %.

Suhteellinen kosteus tarkoittaa mitatun vesimäärän suhdetta kyllästyskosteuspitoisuuteen. Korkea suhteellinen kosteus ei tarkoita sitä, että ilma sisältäisi automaattisesti runsaasti myös vettä. Esimerkiksi talvella ulkolämpötilan ollessa -20

astetta ja suhteellisen kosteuden ollessa 90 %, absoluuttinen kosteus on vain 0,79 g/m<sup>3</sup>. Kun taas lämpötilan ollessa +20 astetta ja suhteellisen kosteuden ollessa 30 %, absoluuttinen kosteus on 5,19 g/m<sup>3</sup>. (Siikanen 2014, 54–55.)

### **Terveydelliset vaikutukset**

Kuivan ilman tiedetään hidastavan hengitysteiden värekarvojen liikettä ja heikentävän liman poistumista hengitysteistä. Tämä heikentää limakalvojen kykyä vastustaa tulehduksia. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 16.)

### **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Ihmisen terveyden kannalta ideaalia sisäilman kosteutta on jokseenkin vaikea määrittää eikä tästä näkökulmasta ilmankosteudelle olekaan asetettu selkeitä ohjearvoja. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (545/2015, 5 §) todetaan, että huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä. Tämä viittaa siihen, että ilmankosteudella arvioidaan olevan ensisijaisesti välillinen vaikutus terveyteen esimerkiksi liiallisen kosteuden aiheuttamien mikrobivaurioiden muodossa.

Asumisterveysohjeessa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 16) on todettu, että asunnon ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla noin 20–60 %. Lisäksi on todettu, että näistä arvoista poikkeamista ei kuitenkaan voida pitää terveyshaittana, jos muut asumisen terveydelliset edellytykset täyttyvät.

Vaikka terveysperusteisia ohjearvoja kosteuspitoisuudelle ei ole annettukaan, kuiva sisäilma voi aiheuttaa kuitenkin terveydellisiä vaikutuksia. Näin ollen kuivaa sisäilmaa voidaan pitää terveydellistä haittaa aiheuttavana poikkeavana. Kokemuksen mukaan haittoja ilmaantuu, kun sisäilman suhteellinen kosteus Suomessa talviaikaan laskee selvästi alle 20 %.

#### 5.1.4 Rakennekosteus

##### **Määritelmä**

Rakennusten kosteusongelmista puhuttaessa tarkoitetaan rakennekosteudella vettä, joka on rakenteen huokosissa. Vesi voi olla olomuodoltaan joko vesihöyrynä tai nesteinä, toisinaan myös kiinteässä muodossa jäänä.

Kuinka paljon vettä voi kosteusteknisesti hyvin toimivassa rakenteessa olla, riippuu rakenteessa olevien materiaalien kyvystä sitoa kosteutta. Kullakin materiaalilla on oma tasapainokosteus, joka on riippuvainen ympäröivän ilman lämpötilasta ja kosteuspitoisuudesta. (Siikanen 2014, 61.)

Kosteus- ja homevaurioita aiheuttavalla rakennekosteudella tarkoitetaan sitä, että rakennusmateriaalin huokosilmassa on ylimäärä vettä verrattuna rakennekerroksen lämpötilaan ja lämpötilasta riippuvaan kyllästyspitoisuuteen ko. kohdassa (tasapainokosteus ylittyy). (Leivo 1998, 14.)

##### **Terveydelliset vaikutukset**

Rakenteissa oleva kosteus itsessään ei aiheuta ongelmia vaan se vaikuttaa ihmisen terveyteen välillisesti. Rakenteissa oleva poikkeavan suuri kosteuspitoisuus voi johtaa haitallisten homevaurioiden syntymiseen ja on osatekijä haitallisten kemiallisten yhdisteiden vapautumiseen materiaaleista.

Terveydelliset vaikutukset ovat riippuvaisia siitä, missä rakenteessa on poikkeavan paljon kosteutta sekä kuinka kauan sitä on ollut ja kuinka paljon, eli millaisia vaurioita kosteus on rakenteisiin aiheuttanut. Vaikutukset ovat riippuvaisia myös itse materiaalin koostumuksesta ja siinä käytetyistä aineista.

##### **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Materiaalin tasapainokosteuden jatkuvaa ja merkittävää ylittymistä voidaan pitää poikkeamana ja se muodostaa merkittävän riskin kosteusvaurioiden syntymiselle ja tätä kautta myös riskin haitallisten homevaurioiden ja materiaaalipäästöjen syntymiselle.

### 5.1.5 Melu ja akustiikka

#### **Määritelmä**

*Melulla* tarkoitetaan ääntä, jonka ihminen kokee epämiellyttävänä tai joka on muulla tavoin ihmisen terveydelle vahingollista tai hänen muulle hyvinvoinnilleen haitallista. Esimerkiksi musiikkiesitys ei ole pääsääntöisesti melua henkilölle, joka haluaa esitystä katsoa, mutta musiikkiesitys voi olla melua naapurille, joka haluaa nukkua. Melua ovat kuitenkin kaikki sellaiset äänet, jotka voivat vaurioittaa kuuloa. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 49.)

*Akustiikka* käsittää kaikki fysikaaliset ilmiöt, jotka ihminen havaitsee kuuloaistin välityksellä (Siikanen 2014, 135). Melu on käytännössä yksi akustiikan osa-alue. Arkikielessä jonkin tilan akustiikalla tarkoitetaan usein vain tilan jälkikaiuntaa (Äänipää 2016) ja myös tässä työssä akustiikalla viitataan tähän. Jälkikaiunta-aika kuvaa, kuinka nopeasti äänilähteen tilaan synnyttämä äänenpainetaso laskee, kun äänilähde lopettaa toimintansa. Mitä lyhyempi jälkikaiunta-aika on, sitä nopeammin puheen tavut vaimenevat. Mitä pitempi jälkikaiunta-aika on, sitä enemmän tavut jäävät soimaan toistensa päälle ja puheen selvyys kärsii. (Kylliäinen 2006, 39.)

#### **Terveydelliset vaikutukset**

Melun aiheuttamat terveyshaitat voidaan jakaa kahteen luokkaan. Voimakkaana esiintyessään melu voi aiheuttaa kuulovaurion, tilapäisen kuulon aleneman ja korvien soimista. (Jauhiainen ym. 2007, 37.)

Hiljaisempi äänikin voi aiheuttaa haittoja. Tällöin haitat ovat useimmiten viihtyvyyshaittoja, mutta pitkään jatkuessaan voivat aiheuttaa esimerkiksi stressireaktion, joka ilmenee muun muassa verenpaineen, sydämen sykkeen ja stressihormonipitoisuuksien kohoamisena (Jauhiainen ym. 2007, 33).

Pitkä jälkikaiunta-aika heikentää puheen erotettavuutta ja myös vähentää viihtyvyyttä. Toisaalta tila, joka on vaimennettu liian hyvin, kuulostaa tukkoiselta ja siellä joutuu käyttämään ääntään enemmän. (Wikipedia 2016a.)

Äänen korottamisesta voi pitkään jatkuessaan olla erilaisia haittoja. Puheäänen voimakkuuden noususta voi aiheutua äänihuulten kudosvaurioita, äänihuulikyhyjä, kurkun kutinaa, jopa kipua kurkunpäässä, lisääntyntä limaneritystä ja rykimisen tarvetta. Vääräksi muodostunut äänen tuotto voi herkistää kurkunpään tulehduksille. (Jauhiainen ym. 2007, 32.)

### **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (545/2015, 12 §) on määritelty melun toimenpiderajat, joiden ylittymisen katsotaan voivan aiheuttavan ihmisen terveydelle haittaa. Toimenpiderajat on annettu keskiäänitasona ( $L_{Aeq}$ ) ja lisäksi on määritelty, miten mitattua tulosta voidaan korjata, jos kyseessä on impulssimainen, kapeakaistainen tai matala- eli pienitaajuinen melu. Esimerkiksi huonetilassa, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä, melun ei tulisi ylittää 35 dB.

Tyrrell S. Burt (2001, 19.13) on tuonut esille, että esimerkiksi koululuokan taustamelun ylittyessä 47 dB puhujan tarvitsee korottaa ääntä. Tähän perustuen yhdysvaltalainen Environmental Protection Agency on määritellyt hyväksyttäväksi melutasoksi sisätiloissa 45 dB ( $L_{eqA}$ ).

Huolimatta siitä, että sisätilan huonolla akustiikalla on niin terveydellisiä kuin työtehoon vaikuttavia vaikutuksia, rakentamismääräyksissä (Ympäristöministeriö 1998, 6) akustista suunnittelua koskeva määräys on hyvin tulkinnanvarainen. Sen mukaan *”ääneneristys ja meluntorjunta on suunniteltava tilan käyttö huomioon ottaen niin, että toimintaa vastaavat riittävän hyvät ääniolosuhteet on mahdollista saavuttaa”*. Jälkikäiunta-ajalle on annettu ohjeellisia enimmäisarvoja, mutta nämä eivät ole kuitenkaan terveysperusteisia suosituksia.

Terveysuojelulaissa (763/1994) ei oteta kantaa tilan akustiikkaan suoraan, mutta lähtökohtaisesti 26 pykälän mukaan olosuhteiden ei tule aiheuttaa tilojen käyttäjille terveydellistä haittaa. Pykälässä todetaan, että *asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa*.

Opetustiloissa riittävän puheen selvyden saavuttamiseksi jälkikaiunta-ajan tulee olla melko lyhyt. Kylliäinen (2006, 134, 139) viittaa standardiin SFS 5907, jossa on esitelty suositeltavia tilakohtaisia jälkikaiunta-aikoja. Esimerkiksi luokkahuoneessa jälkikaiunta-ajan olisi hyvä olla 0,5–0,6 s ja päiväkodissa 0,5 s.

Tarkoituksenmukaisella akustiikalla pyritään siihen, että tilassa esiintyjän on helppo puhua ääntään rasittamatta niin, että yleisö saa puheesta selvän (Kylliäinen 2006, 115). Tästä voi johtaa sen ajatuksen, että jälkikaiunta-aikojen ylittyminen lisää riskiä erilaisille huonon akustiikan aiheuttamille terveysvaikutuksille. Näin ollen suositeltujen jälkikaiunta-aikojen ylittymistä voitaneen pitää terveyshaittaa aiheuttavina poikkeamina.

#### 5.1.6 Valaistus

##### **Määritelmä**

Valaistuksella tarkoitetaan valonlähdettä, joka voi olla joko keinotekoisesti tuotettu tai päivänvalo. Keinotekoinen valaistus toteutetaan nykyään yleisimmin sähköllä, kun aiemmin siihen on käytetty kaasua, öljyä tai kynttilöitä. Oikeanlaisella valaistuksella voidaan parantaa esimerkiksi työtehoa tai luoda tunnelmaa. Valaistus voidaan luokitella käyttötarkoituksen mukaan joko yleis-, kohde- tai työvalaistukseksi. (wikipedia 2016c.) Hyvä valaistus merkitsee viihtyvyyttä, terveellisyyttä, turvallisuutta ja tuottavuutta (Työterveyslaitos 2016c).

##### **Terveydelliset vaikutukset**

Valaistuksen on todettu vaikuttavan ensisijaisesti tuottavuuteen (Fisk 2001, 4.22), mutta huonon valaistuksen tiedetään aiheuttavan silmien rasituseitoita ja silmien kuivumista (Työterveyslaitos 2016c).

##### **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Suomen valoteknillinen seura ry on julkaisussaan (2008, 8) viitannut standardissa SFS-EN 12464-1 esitettyihin suosituksiin. Seuran mukaan standardissa on



muun muassa tila- ja tehtäväkohtaisia suosituksia keskimääräisestä valaistusvoimakkuuden huolto-arvosta ( $E_m$ ), pienimmästä sallitusta häikäisyindeksistä (UGRL) sekä pienimmästä sallitusta yleisestä värintoistoindeksistä ( $R_a$ ).

## 5.2 Mikrobiologiset tekijät

### Määritelmä

Mikrobit ovat mikroskooppisen pieniä elolliseen luontoon kuuluvia organismeja, joihin voidaan laskea kuuluvaksi virukset, bakteerit sekä levät, sienet ja alkueläimet (Lester 2003, 17, 35, 56). Sisäilmaongelmien yhteydessä yleisesti viitataan pääasiassa joko bakteereihin tai sieniin. Alkueläimet ovat kuitenkin melko yleisiä kosteusvaurioituneissa materiaaleissa ja esimerkiksi eräässä tutkimuksessa 22 %:ssa kosteusvauriotaloista otetuista näytteistä todettiin ameboja ja muita alkueläimiä (Putus 2010, 31).

Elääkseen mikrobit tarvitsevat muun muassa ravinteita, kosteutta ja lämpöä. Jotkut mikrobit ovat varsin vaatimattomia ja ne kykenevät lisääntymään sekä säilymään hengissä hyvin vaihtelevissa olosuhteissa. Esimerkiksi termofiiliset (lämpöä suosivat) bakteerit voivat lisääntyä +40...+80 asteen lämpötilassa, kun taas psykoofiiliset (kylmässä viihtyvät) bakteerit 0...+20 asteessa (Lester 2003, 184). Jotkut bakteerit voivat myös lisääntyä hyvin happamissa olosuhteissa, pH:n ollessa jopa alle 2, kun taas jotkut bakteerit selviytyvät hyvin emäksisessä ympäristössä. (Lester 2003, 185).

Kasvuedellytyksistä kosteus on ainoa, joka mikrobeilta voidaan rakennuksessa evätä. Mikrobien kasvualustaksi kelpaakin lähes mikä tahansa materiaali: betoni, tasoitteet, laasti, lastulevy, kipsilevy, muovi, lattiapäällysteet, tapetti jne. (Husman ym. 2002, 18). Mikäli pinnalla on riittävästi pölyä, voivat homeet kasvaa myös lasin ja metallin pinnalla (Aikivuori 2001, 40).

Mikrobien elämää eniten säätelevä tekijä on lähes poikkeuksetta kosteus. Rakennuksissa poikkeukselliset mikrobilöydökset ovat seurausta rakenteiden liiallisesta kosteudesta. Mitä enemmän ja pidempään liiallista kosteutta rakenteissa

on, sitä todennäköisemmin rakenteeseen syntyy mikrobikasvustoa. Tällaista liiallisen kosteuden synnyttämää mikrobikasvustoa voidaan pitää poikkeuksellisena.

On hyvä huomioda, että ilmavirtaukset voivat kuljettaa ulkoilman mikrobeja rakenteisiin erilaisten rakenteiden liitoskohtien kautta, joten materiaalinäytteessä voi olla mikrobikasvua, vaikkei kyse olekaan liiallisen kosteuden aiheuttamasta kasvustosta.

Mikrobien elintoiminnot tuottavat ilmaan erilaisia kaasumaisia yhdisteitä ja tietyissä olosuhteissa bakteereista ja sienistä voi myös vapautua haitallisia toksineja. Lisäksi mikrobeista voi irrota muun muassa rihmaston palasia sisäilmaan. Näiden eri tekijöiden uskotaan olevan syynä mikrobien aiheuttamiin terveydellisiin haittoihin, mutta vaikutusmekanismeihin tiedeyhteisö ei ole kuitenkaan kyennyt vielä löytämään yksiselitteisiä vastauksia.

Mikrobiologisilla tekijöillä tarkoitetaan tässä työssä ylimääräisen kosteuden aiheuttamia mikrobikasvustoja rakenteissa. Näistä mikrobikasvustoista käytetään myös yleisesti nimitystä 'home'.

### **Terveydelliset vaikutukset**

Mikrobien aiheuttamia terveysvaikutuksia on tutkittu aktiivisesti jo muutama vuosikymmen ja aiheeseen liittyviä tutkimuksia on runsaasti. Lukuisista tutkimuksista huolimatta edelleen vallitsee ristiriitaisia näkemyksiä siitä, millaisia terveysvaikutuksia kosteusvaurioiden aiheuttamat mikrobikasvustot voivat ihmiselle aiheuttaa. Seuraavaksi on tuotu esille joitakin viitteitä mikrobien terveysvaikutuksista kuvastamaan sitä, miten vakavuusasteeltaan eritasoisia oireita ja sairauksia rakennuksissa oleviin mikrobivaurioihin voidaan liittää.

Endotoksiinit ovat gramnegatiivisten bakteerien tuottamia myrkyllisiä aineita ja suurten endotoksiinipitoisuuksien on todettu aiheuttavan keuhkojen toiminnassa muutoksia (Myatt & Milton 2001, 42.1, 42.3). Kyse ei ole kuitenkaan ollut ei-tuotannollisista tiloista vaan korkeita, haittaa aiheuttavia pitoisuuksia on havaittu esimerkiksi tekstiilien käsittelylaitoksen kostutuslaitteissa ja kasvatuseläinten ruokintatiloissa (Myatt & Milton 2001, 42.3, 42.4).

Mikrobien haitalliset vaikutukset ovat tulleet esille myös maanviljelijöiden keskuudessa. Jatkuva maatuva aineksen käsittelyssä altistutaan merkittävästi muun muassa *Aspergillus fumigatus* -sienelle ja tämä altistus voi johtaa akuuttiin tai krooniseen allergiseen hengitystiesairauteen. (Burge 2001, 45.13.) Toisaalta tiedetään, että ainakin herkille ihmisille altistuminen jo hyvin pienille *Aspergillus fumigatus* -pitoisuuksille voi aiheuttaa vakavat seuraukset. Esimerkiksi elinsiirtopotilaat voivat saada infektion vain muutamasta sieni-itiöstä (Burge 2001, 45.13) ja *Aspergillus Fumigatus* -sienen on arvioitu aiheuttavan kuoleman eräälle elinsiirtopotilaalle hänen oleskeltuaan homevaurioituneissa sairaalan tiloissa (Putus 2010, 26).

Altistumisen matalille endotoksiinipitoisuuksille on yhdistetty lisääntyneeseen astmariskiin ja epäspesifisiin oireisiin. Myös väsymys, raskas olo ja kurkun ärsytys on yhdistetty endotoksiinialtistukseen (Myatt & Milton 2001, 42.6–42.7).

Sienten proteiinien on havaittu olevan osana useissa yliherkkyys sairauksissa (heinänuha, astma, allerginen alveoliitti, nenän sivuontelotulehdus) (Burge 2001, 45.14). Aktinobakteerien (aktinomykeetit, kutsutaan myös sädesieniksi) ja muiden termofiilisten bakteerien on havaittu monissa tapauksissa liittyvän allergisen alveoliitin syntymiseen (Burge 2001, 45.15).

Monien mykotoksiinien (sienien tuottama myrky) ja sienten tuottamien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tiedetään aiheuttavan ärsytysoireita ja altistus voi johtaa limakalvotulehdukseen (Burge 2001, 45.15). Kokemuseräisen tiedon perusteella on arvioitu, että korkeat mykotoksiinipitoisuudet voivat johtaa vakaviin terveysvaikutuksiin, mutta pienten pitoisuuksien vaikutuksista terveyteen ei ole riittävästi tietoa (Rao 2001, 46.6).

Eläinkokeissa on havaittu trikotekeeni mykotoksiinien olevan kykeneviä aiheuttamaan immuunivasteen heikentymistä, ihon soluvaurioita, oksentelua, valkosolujen määrän nousun tai laskun (Rao 2001, 46.9). *Chaetomium* on eläinkokeissa todettu aiheuttavan hengitystie-epiteelin värekarvaliikkeen lamaantumisen 1-3 vuorokaudessa (Putus 2010, 32).

Mendell ym. (2011, 755) tekivät laajan kirjallisuuskatsauksen epidemiologisista tutkimuksista ja arvioivat tehtyjen tutkimusten pohjalta mikrobien terveysvaikutuksia. Riittävä näyttö arvioitiin olevan astman pahenemiseen, astman kehittymiseen, hengenahdistukseen, hengityksen vinkunaan, yskään, hengitysteiden infektioihin, keuhkoputkentulehdukseen, allergiseen nuhaan, ihottumaan ja ylähengitysteiden oireisiin.

Karvala (2010, 39) tuo esille väitöstutkimuksessaan Mendellin katsauksen johtopäätösten lisäksi IOM:n (Institute of Medicine) ja WHO:n johtopäätökset näytön riittävydestä. IOM:n johtopäätökset ovat vuodelta 2004 ja niissä on näytön katsottu olevan riittävä vain astman pahenemiseen, yskään, hinkumiseen ja ylähengitysoireisiin. WHO:n johtopäätöksissä puolestaan edellisten lisäksi näyttöä on katsottu olevan riittävästi astman kehittymiseen ja hengenahdistukseen.

Eri yhteyksissä tuodaan esille, ettei muiden oireiden tai sairauksien (esim. päänsärky, muistin heikkeneminen, pahoinvointi, ripuli, diabetes, väsymys ja kuume) ja homevaurioiden välisestä yhteydestä ole riittävästi tutkimusnäyttöä. Weinhold on kuitenkin tuonut esille, että kiistattoman näytön puuttuminen johtuu pikemminkin täsmällisten tieteellisten tutkimusten puuttumisesta eikä niinkään siitä, että tehdyt tutkimukset olisivat osoittaneet, ettei yhteyttä ole. (Weinhold 2007, 302.)

Stiina Rasimus-Saharin (2016, 52) väitöstutkimus antaa viitteitä kuitenkin siitä, että pitkäaikainen altistuminen rakennuksen mikrobivaurioille (bakteerien tuottamille toksiineille) voi ainakin osittain olla syy siihen, että diabetes, astma, allergiat, sydän- ja verisuonitaudit sekä autoimmuunisairauksien neurologiset häiriöt ovat lisääntyneet.

Huolimatta ristiriitaisesta tiedosta mikrobien terveysvaikutuksista, maailmanlaajuisesti eri organisaatiot ja yhteisöt suosittelevat ryhtymään toimenpiteisiin homevaurioiden poistamiseksi ja Weinhold (2007, 305) onkin osuvasti kiteyttänyt mikrobien haitallisuuden merkityksen muutama lauseeseen näin: *Don't mess with mold. If you can see or smell it – and especially if health problems are occurring – clean it out, throw it out, or get out.*

## **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Mikrobeja on kaikkialla aina jonkin verran ja tästä syystä poikkeamien löytäminen rakennuksesta on haastavaa. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (545/2015) 20 §:n mukaan *”toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyyseillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua”*.

Edellisen määritelmän pohjalta poikkeamaksi voidaan laskea kuuluvaksi ylimääräinen kosteus rakenteissa, silmin havaittava mikrobikasvusto rakenteissa tai näyttein on voitu todentaa rakenteissa olevan poikkeavaa mikrobikasvustoa. Poikkeamana ei kuitenkaan tämän määritelmän mukaan pidetä kasvustoa, joka sijaitsee sellaisessa paikassa, josta mikrobeja ei pääse sisäilmaan.

Ajatus poikkeamista on periaatteessa yksinkertainen, mutta käytännössä poikkeamien todentaminen on varsin haastava tehtävä ja edellyttää rakennuksen kokonaisvaltaista tutkimista. Tutkimuksessa arvioidaan mahdolliset riskit kosteusvaurioille ja riskien toteutumisen todennäköisyys, tehdään kosteusmittauksia ja otetaan riskipaikoista materiaalinäytteitä. Poikkeamien määrittämisessä tarvitaan myös historiatietoja, sillä kerran mikrobivaurioituneet korjaamattomat rakenteet voivat aiheuttaa terveydellisiä ongelmia, vaikka itse rakenne olisi jo kuivunut. Esimerkiksi rakennuksessa voi tutkimushetkellä olla uudet ikkunat, jotka ovat liitoksestaan tiiviit, mutta ennen ikkunoiden uusimista rakenteet ovat voineet vuotaa vuosia vettä seinärakenteeseen. Tällaiset tilanteet eivät selviä minkäänlaisilla kosteusmittauksilla.

Vaikka sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (545/2015) määritelmässä hajun olemassaoloon ei oteta kantaa, kellarimaiset, kostean maan hajut viittaavat usein rakenteiden mikrobivaurioihin. Kaikki mikrobit eivät kuitenkaan tuota aistittavaa hajua, joten hajun puuttumisen perusteella poikkeaman olemassaolosta ei voi tehdä johtopäätöstä.

Asumisterveysohjeessa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003) on pyritty määrittelemään, milloin näytetulosten perusteella poikkeaman voidaan katsoa esiintyvän. Tällainen tilanne voi olla silloin kun näytteissä esiintyy poikkeavan paljon mikrobeja ja/tai lajistossa on haitallisiksi todettuja mikrobilajeja (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 76). Yksistään näytetuloksia arvioitaessa voidaan helposti tehdä virheellisiä päätelmiä poikkeamista ja tästä syystä ehdoton suositus nykyään onkin, että arvio mahdollisista mikrobiologisista poikkeamista tehdään kokonaisvaltaisen tutkimuksen tulosten perusteella, ei koskaan yksittäisten näytetulosten perusteella.

### 5.3 Kemiaalliset tekijät

Kemiaallisella tekijällä tarkoitetaan ”*terveydelle haitallisia hiukasmaisia tai kaasumaisia orgaanisia tai epäorgaanisia aineita tai yhdisteitä, jotka ovat peräisin rakennusmateriaaleista, kosteuden vaurioittamista rakenteista, rakennuksen muista tiloista, läheisistä rakennuksista, maaperästä, sisustusmateriaaleista tai ulkoilmasta*” (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015).

Tässä työssä keskitytään rakennuksen aiheuttamiin haittoihin ja tästä syystä tässä osiossa käsitellään ensisijaisesti sellaisia kemiaallisia tekijöitä, jotka ovat rakennusmateriaaleista peräisin. Kemiaalliset tekijät on tässä työssä jaettu haihtuviin orgaanisiin ja epäorgaanisiin yhdisteisiin, viemärikaasuihin, radonkaasuun ja pölyihin.

#### 5.3.1 Haihtuvat orgaaniset ja epäorgaaniset yhdisteet

##### **Määritelmä**

Sisäilmassa esiintyy lukuisia erilaisia haihtuvia kemiaallisia yhdisteitä, jotka ovat peräisin muun muassa rakennusmateriaaleista, ihmisen käyttämistä kemiaallisista tuotteista, huonekaluista, vaatteista, ulkoilmasta ja reaktiotuotteista, jotka syntyvät ilmassa eri yhdisteiden reagoidessa keskenään.

Yhdisteet voivat olla joko orgaanisia tai epäorgaanisia. Orgaanisiksi yhdisteiksi lasketaan kuuluvaksi pääsääntöisesti sellaiset yhdisteet, jotka sisältävät hiiltä, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta (Tucker 2001, 31.1).

Haihtuvista orgaanisista yhdisteistä käytetään lyhennettä VOC ja se tulee sanoista *Volatile Organic Compounds*. Tähän lasketaan kuuluvaksi sellaiset yhdisteet, joiden kiehumispiste on noin 50–260 °C (Tucker 2001, 31.2).

Yhdisteet voivat olla myös erittäin helposti haihtuvia ja tällöin niistä käytetään lyhennettä VVOC (*Very Volatile Organic Compounds*). Nämä käsittävät ne haihtuvat orgaaniset yhdisteet, joiden kiehumispiste on välillä 0–50 °C. Puolihaihtuviksi orgaanisiksi yhdisteiksi eli SVOC-yhdisteiksi (*semi volatile organic compounds*) luokitellaan yhdisteet, joiden kiehumispiste on noin välillä 240–400 °C. (Tucker 2001, 31.2.)

Suurin osa tunnetuista sisäilmassa esiintyvistä yhdisteistä on orgaanisia, mutta joitakin epäorgaanisia voi esiintyä. Näistä ehkä tunnetuimpia on ammoniakki.

Yhdisteiden pitoisuudet ilmassa riippuvat muun muassa yhdisteen pitoisuudesta materiaalissa, materiaalin iästä sekä ilman kosteudesta ja lämpötilasta. (Tucker 2001, 31.5). Esimerkiksi formaldehydi on herkästi haihtuva aine (VVOC) ja suhteellisen kosteuden kaksinkertaistuminen 34 %:sta 70 %:iin, nostaa emissiointeuttua kertoimella 2,5 (Aikivuori 2001, 18).

Heikommin haihtuvien SVOCien oletetaan tarttuvan ja tiivistyvän pölyhiukkasten pinnoille eivätkä ne näin ollen esiinny korkeina pitoisuuksina ilmassa. Huonepöly onkin todennäköisesti merkittävä SVOCien varasto (Rundt ym. 2005).

Taulukossa 1 on esimerkkejä sellaisista haihtuvista orgaanisista yhdisteistä, joiden tiedetään aiheuttavan terveydellisiä vaikutuksia. Listauksen on tehnyt U.S. Environmental Protection Agency.

Taulukko 1 Esimerkkejä haitallisista yhdisteistä, joita on mitattu sisäilmasta sekä niiden potentiaalisia lähteitä (Tucker 2001, 31.2).

<b>Yhdiste</b>	<b>Mahdollinen päästölähde</b>
Asetaldehydi	Lattiamateriaalit, LVIA-järjestelmät, laitteet, puutuotteet
Bentseeni	Kalusteet, maalit ja pinnoitteet, puutuotteet
Hiilitetrakloridi	Torjunta-aineet
Kloroformi	Huonekalut, torjunta-aineet
Etyylibentseeni	Lattiamateriaalit, eristeet, koneet ja laitteet, maalit ja päällysteet
Formaldehydi	Lattiamateriaalit, kalusteet, LVI-järjestelmät, eristeet, sekalaiset materiaalit, maalit, pinnoitteet
Heksaani	Lattiamateriaalit, kalusteet, maalit ja päällysteet, puutuotteet
Metyleenikloridi	Kalusteet
Naftaleeni	Torjunta-aineet
Paradiklooribentseeni	Torjunta-aineet, lattiamateriaalit
Styreeni	Kalusteet, lattiamateriaalit, eristystuotteet, koneet, sekalaiset materiaalit, maalit ja päällysteet, puutuotteet
Tetrakloorietyleeni	Tiivisteet, sekalaiset materiaalit
Tolueeni	Liimat, tiivisteet, lattiamateriaalit, kalusteet, koneet, maalit ja päällysteet, seinä- ja kattotarvikkeet, puutuotteet
Trikloorietyleeni	Kalusteet
Ksyleenit	Lattiamateriaalit, kalusteet, koneet, maalit ja päällysteet, seinä- ja kattotarvikkeet



## **Terveydelliset vaikutukset**

Sisäilman epäpuhtauspitoisuuksista normaalissa rakennuksessa noin puolet on arvioitu olevan peräisin rakenteista haihtuvista aineista (Aikivuori 2001, 14). Haihtuvia yhdisteitä voi olla satoja ja todellisesta haitallisten yhdisteiden osuudesta voidaan lähinnä tehdä vain hyvin karkeita arvioita, jos edes tätäkään. Uusien rakennusmateriaalien myötä myös uusien tunnistamattomien reaktiotuotteiden syntyminen on mahdollista.

Rakennusmateriaaleista haihtuvien yhdisteiden osuutta ihmisen terveyteen on näin ollen vaikea selvittää aukottomasti ja tässä osiossa onkin tarkoitus joidenkin esimerkkien avulla vain valottaa lyhyesti sitä, millaisia haittoja sisäilmassa olevilla haihtuvilla yhdisteillä voi tehtyjen tutkimusten perusteella olla.

VOCien on todettu aiheuttavan hengitystieoireita sekä astmaa (Rumchev ym. 2007, 73–74). Limakalvoärsytystä pidetään myös tyypillisenä VOCien aiheuttamana hättana (Bernstein ym. 2008, 587).

Eläinkokeet ja pitkäaikaiset epidemiologiset tutkimukset ovat antaneet viitteitä siitä, että VOCeilla (esim. bromatut palonestoaineet, polysykliset aromaattiset hiilivedyt) on myös syöpäriskiä lisääviä vaikutuksia (Rumchev ym. 2007, 75; Rundt ym. 2005).

Voimakkaasti ärsyttävää formaldehydiä on tutkittu paljon ja sen aiheuttamat silmien ja hengitysteiden ärsytysoireet ovat hyvin tiedossa (Rundt ym. 2005; Aikivuori 2001, 18; Seuri & Palomäki 2000, 45; Salthammer ym. 2010, 2539) Tutkimuksissa on tullut esille myös viitteitä siitä, että formaldehydi edesauttaisi allergioiden syntymistä (Garrett 1999, 335). Pitoisuuden kasvaessa formaldehydin on havaittu aiheuttavan päänsärkyä, pahoinvointia ja väsymystä. (Seuri & Palomäki 2000, 45). Formaldehydin aiheuttamiin haittoihin on yhdistetty myös ripuli ja poikkeuksellinen janon tunne (Godish 2001, 32.7).

Viime vuosina sisäilmaongelmien yhteydessä on usein tuotu esille 2-etyyliheksanoli ja TXIB (2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyraatti). Molempien on

todettu aiheuttavan terveysvaikutuksia joko sellaisenaan tai ne toimivat indikaattorina haitallisten yhdisteiden olemassaolosta. Nämä yhdisteet ovat peräisin lattiarakenteista (muovimatto, liima, tasoite) ja rakennekosteuden on havaittu nopeuttavan haihtumista materiaaleista. TXIB on yhdistetty erityisesti silmien ja nenän ärsytysoireisiin ja pään raskauteen. 2-etyyliheksanolin on havaittu aiheuttavan muun muassa astmaattisia oireita sekä kurkkuoireita. (Järnström 2005, 29, 31.)

Sisäilmassa esiintyvien kemiallisten yhdisteiden terveysvaikutuksista tiedetään lukuisista tutkimuksista huolimatta melko vähän. Syy-seuraussuhteet ovat edelleen epäselviä ja vaativat runsaasti jatkotutkimuksia. Kuitenkin paljon tutkitun formaldehydin todettujen haittojen perusteella on perusteltua olettaa, että muillakin sisäilmassa esiintyvillä haihtuvilla yhdisteillä on potentiaalia aiheuttaa formaldehydin kaltaisia terveysvaikutuksia.

Lisäksi on myös tutkimuksia, joiden perusteella yksistään rakennusmateriaaleista peräisin olevien VOCien ei ole katsottu selittävän riittävästi koettua oireilua vaan oireilun taustalla on arvioitu mahdollisesti olevan reaktiotuotteiden, jotka syntyvät yhdisteiden reagoidessa ilmassa olevien hapettimien kuten otsonin ja vapaiden radikaalien kanssa (Rumchev ym. 2007, 73).

### **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Rakennusmateriaaleista haihtuu tavanomaisessa, terveelliseksi luokitellussa rakennuksessa yhdisteitä, joista kaikkia ei kuitenkaan välttämättä tunneta eikä niiden terveysvaikutuksista ole riittävästi tai ollenkaan tietoa. Tämän johdosta tavanomaisten rakennusmateriaalipäästötasojen yksiselitteinen määrittäminen on mahdotonta. Ajatus poikkeamasta perustuu kuitenkin siihen, että ennalta on määriteltävä jokin taso, jonka ylittymisen arvioidaan aiheuttavan haitallisia terveysvaikutuksia ihmiselle.

Tiettyjä tunnettuja yhdisteitä mittaamalla voidaan kuitenkin saada selvyyttä sisäilman laadusta. Ohje- ja viitearvoja on annettu mm. yksittäisille yhdisteille (esim.

ammoniakki, formaldehydi, 2-etyyliheksanoli, TXIB) ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudelle. Näitä tapauskohtaisesti sovellettavia arvoja on esitetty muun muassa seuraavissa julkaisuissa:

- Työterveyslaitos. Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetta- soista (rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto), joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin, päivitetty 27.2.2017
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyys- vaatimuksista 545/2015 (15 - 17 §). Tarkemmat soveltamisohjeet löytyvät Valviran julkaisusta ”Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa III, Asumisterveysasetus § 14 - 19”.

Edellä kuvattuja arvoja ei kuitenkaan pidä käyttää sellaisenaan arvioidessa sisäilman haitallisuutta vaan ne ovat vain osa kokonaisuutta, kun arvioidaan mahdollisia rakennusmateriaalipäästöjä ja niiden merkitystä tilojen käyttäjien terveyteen.

Tutkimuksissa on havaittu, että kodeissa ja toimistoissa tyypilliset VOC-tasot ovat sellaisia, että yhdisteiden hajukynnykset todennäköisesti alittuvat (Rumchev ym. 2007, 73). Hajun olemassaolo ei siis kerro vielä sitä, onko sisäilmassa yhdistettä haitallisessa määrin. Ero hajukynnyksen ja haitalliseksi todetun pitoisuuden välillä voi olla pieni. Esimerkiksi formaldehydin ärsytyskynnyksenä pidetään pitoisuutta 0,06 mg/m<sup>3</sup> ja hajukynnyksenä 0,05 mg/m<sup>3</sup> (Aikivuori 2001, 18).

Yhdisteiden haitallisuuden on havaittu myös lisääntyvän yhdisteiden lukumäärän kasvaessa kokonaispitoisuuden kuitenkin pysyessä samana (Seuri & Palomäki, 44).

Haitallisten poikkeamien selvittämisessä olennaista on tarkastella rakennusta kokonaisuutena, huomioiden millaisia materiaaleja on käytetty ja näiden potentiaalia päästölähteenä. Erityisen tärkeää on myös selvittää rakennuksessa olevat kosteusvauriot.

Kosteusvaurio tyypillisesti aiheuttaa rakennusmateriaalissa aineensisäistä hajoamista, ja hajoamistuotteet usein vapautuvat sisäilmaan. Nämä päästöt voivat olla

hyvinkin pitkäkestoisia (jopa useiden vuosien ajan jatkuvia). Usein lisäksi haajoamisprosessit kerran käynnistyttyään eivät enää ole korjattavissa jälkikäteen tehdyllä kuivatuksella, vaan ainoa keino päästä eroon ongelmasta on poistaa lähde eli uusia vaurioitunut materiaali. (Aikivuori, 2001, 36.)

Ilmanvaihdon on myös merkittävä rooli sisäilmassa esiintyviin epäpuhtauspitoisuustasoihin, joten sen selvittäminen kuuluu olennaisena osana poikkeamien olemassaolon määrittämisessä.

Peruseriaate on se, että hyvä sisäilma on hajutonta ja raikasta. Poikkeavien ja epämääräisten hajujen esiintyminen voi olla merkki rakennusmateriaaleista vapautuvista yhdisteistä. Vaikka haiseva yhdiste ei olisikaan terveydelle haitallinen, saattaa sisäilmassa olla samanaikaisesti kuitenkin jokin muu yhdiste, joka voi olla haitallinen. Poikkeaviin hajuihin onkin aina syytä suhtautua sillä ajatuksella, että sisäilmassa voi tällöin olla terveydelle haitallisia yhdisteitä ja hajujen syy on hyvä pyrkiä selvittämään mahdollisimman tarkasti.

### 5.3.2 Viemärikaasut

#### **Määritelmä**

Viemärikaasut ovat sekoitus haihtuvia yhdisteitä, jotka syntyvät jäteveden orgaanisen aineksen hajotessa viemärijärjestelmässä. Ihmisen terveyden kannalta merkittävimmät viemärikaasut ovat rikkivety, ammoniakki, metaani ja jonkin verran myös hiilidioksidi. (Pennell ym. 2013, 122.)

#### **Terveydelliset vaikutukset**

Yleinen käsitys on, että hajut (pienet pitoisuudet) eivät tee ketään yksistään sairaaksi vaan monia hajuja pidetään usein lähinnä viihtyvyshaittana. Hajut ovat siinä mielessä mielenkiintoisia, että ne voivat kuitenkin saada pieninäkin pitoisuuksina aikaiseksi fyysisiä vaikutuksia. Tästä erinomainen esimerkki on kesäisen grilliruuan tuoksu, joka saa kuolan valumaan suupielistä. Viemärinhajujen

osalta kyse saattaa olla samantyyppisestä mahdollisia oireita aiheuttavasta mekanismista, joka on vielä kuitenkin monin osin epäselvä. (McGinley 1999, 6)

Pieninä pitoisuuksina viemärikaasujen ei tiedetä aiheuttavan suoria fyysisiä terveysvaikutuksia, mutta suurilla pitoisuuksilla voi olla kohtalokkaita seurauksia. Seuraavaksi on kerrottu, millaisia terveysvaikutuksia tyypillisillä viemärikaasuilla voi olla suurina pitoisuuksina. Näiden esimerkkien tarkoitus on kuvastaa sitä, että vaikka viemärikaasujen pitoisuudet (mikäli hajuja esiintyy) ovatkin esimerkiksi kouluissa tai päiväkodeissa hyvin pieniä, viemärikaasut eivät ole kuitenkaan täysin haitattomia eikä ole riittävästi tietoa siitä, millaisia terveysvaikutuksia pienillä, mutta pitkäaikaisilla pitoisuuksilla on ihmisen terveydelle.

Rikkivety ärsyttää jo pienissä pitoisuuksissa limakalvoja ja hengitysteitä. Silmän ärsytysoireet ilmenevät rikkivedyn 10–20 ppm:n ( $15\text{--}30\text{ mg/m}^3$ ) pitoisuuksissa. Pitoisuustason noustessa oireet voimistuvat ja tällöin voi esiintyä näön sumenemista, nenän ja kurkun kuivumista ja ärsytystä, yskää, käheyttä ja hengenahdistuksen tunnetta. Rikkivety lamaannuttaa hajuaistin 100–150 ppm:n ( $140\text{--}210\text{ mg/m}^3$ ) pitoisuudessa, mikä lisää äkillisen myrkytyksen vaaraa suurissa pitoisuuksissa. Korkeat rikkivetypitoisuudet (yli 500 ppm) aiheuttavat viidessä minuutissa vakavia hermostollisia oireita ja tajuttomuutta, hengityskeskuksen lamaantumisen ja kuoleman jopa puolessa tunnissa. (Työterveyslaitos 2016a.)

Ammoniakin ärsytys ja haittavaikutukset alkavat pitoisuuden ollessa noin 20–25 ppm:n ( $14\text{--}18\text{ mg/m}^3$ ). Välittömästi hengitysteitä ja silmiä voimakkaasti ärsyttävä pitoisuus on 400 - 700 ppm ( $280 - 500\text{ mg/m}^3$ ). Lyhytaikainen altistuminen yli 5 000 ppm:n ( $3\,600\text{ mg/m}^3$ ) pitoisuudelle voi aiheuttaa nopean kuoleman kurkunpään turvotuksen tai keuhkopöhön vuoksi. (Työterveyslaitos 2016a.)

Metaanikaasun ominaisuuksiin kuuluu, että se kuluttaa happea ja huonolla ilmanvaihtuvuudella varustetussa tilassa happipitoisuus voi laskea alle 18 %, mistä saattaa aiheutua hapenpuutetta, joka voi ilmetä huimauksena, hengitysvaikeuksina, levottomuutena, pahoinvointina ja päänsärkynä. Pahimmillaan se johtaa tajuttomuuteen tai kuolemaan, jos hapen pitoisuus laskee liian alhaiseksi. (Työterveyslaitos 2016a.)

### Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat

Missään tilassa ei lähtökohtaisesti kuulu haista viemärille, joten viemärinhajun esiintyminen on aina poikkeama normaalista. Pitoisuudet ovat ei-tuotannollisissa tiloissa yleensä niin alhaisia, että suoria fyysisiä terveysvaikutuksia niiden ei kuitenkaan katsota aiheuttavan. Tämä johtuu siitä, että useiden viemärikaasujen hajukynnys on alhainen (taulukko 2) suhteessa yhdisteen pitoisuuteen, jonka tiedetään aiheuttavan terveysvaikutuksia. Esimerkiksi rikkivedyn hajukynnys (0,0005 ppm) on vain pieni osa rikkivedyn haitalliseksi tunnetusta pitoisuuden (HTP) arvosta (8 h/5 ppm) (Työterveyslaitos 2016). HTP-arvot on tarkoitettu työperäisen kemikaalialtistumisen arviointiin eivätkä sellaisenaan sovellu ei-tuotannollisten tilojen sisäilman terveellisyyden arviointiin. Tässä HTP-arvoon on viitattu vain havainnollistaakseen eroa hajukynnyksen ja terveysvaikutuksia aiheuttavan pitoisuuden välillä.

Taulukko 2. Merkittävimpiä haisevia viemärikaasuja (Aatola 2007, 6).

Yhdiste	Hajun kuvaus	Hajukynnys/ppb (parts per billion)	Hajukynnys/ppm (parts per million)
Rikkiyhdisteet/Rikkivety	Mätä kananmuna	0,5	0,0005
Metyylimerkaptani	Mätä kaali, valkosipuli	0,0014 - 18	
Etyylimerkaptani	Mätä kaali	0,02	
Rikkidioksidi	Hapan, pistävä	-	
Dimetyylidisulfidi	Mätäneminen	0,3 - 11	
Tiokresoli	Haisunäätä	-	
Typpiyhdisteet/ Ammoniakki	Pistävä, terävä	130 - 15300	
Metyyliamiini	Mätä kala	0,9 - 53	
Skatoli	Uloste	0,002 - 0,06	
Indoli	Uloste	1,4	

Hapot Etikkahappo	Etikka	16	
Voihappo	Eltaantunut voi	0,09 - 20	
Aldehydit ja ketonit, Formaldehydi	Karvas	370	0,37
Butyraldehydi	Eltaantunut	4,6	
Asetoni Makea	hedelmä	4580	

Vaikka ei-tuotannollisissa tiloissa esiintyvälle viemärinhajulle ei olekaan määritetty ohjearvoja eikä esiintyvien pitoisuuksien katsota aiheuttavan suoria fyysisiä terveysvaikutuksia, epämiellyttävä haju voi lievänä ja pitkään jatkuessaan vaikuttaa stressitasoon ja tätä kautta vaikuttaa ihmisen terveyteen (New York State 2016).

Edellisten pohjalta voidaan todeta, että viemärikaasujen osalta terveysvaikutuksia aiheuttavana poikkeamana voidaan pitää hajun esiintymistä ja mitä voimakkaampi haju, sen suurempi poikkeama.

### 5.3.3 Radon

Radon jätettiin menetelmästä pois, koska radonkaasun olemassaoloa sisäilmassa ihminen ei voi aistia millään tavalla. Tässä kuitenkin kerrotaan lyhyesti radonin merkityksestä terveydelle, sillä sen on kuitenkin arvioitu olevan merkittävä terveysriski ja muodostavan lähes 40 % laskennallisesta sisäympäristön aiheuttamasta tautitaakasta (Asikainen & Hänninen 2015, 39).

#### **Määritelmä**

Radon on väritön, hajuton ja mauton radioaktiivinen kaasu, joka on uraanin (238U) hajoamistuote. Radon syntyy maankuoressa ja diffundoituu kallion ja maaperän läpi ulkoilmaan ja rakenteiden kautta myös sisäilmaan. (Samet 2001, 40.2; Wikipedia 2016b.)

Koska uraania  $^{238}\text{U}$  esiintyy maailmanlaajuisesti, myös radonia esiintyy kaikkialla. Rakennuksen huoneilmaan radonia tulee rakennuksen alla olevasta maaperästä, talousveden käytön yhteydessä vapautuvasta radonista ja vähäisessä määrin rakennusmateriaaleista erittymällä. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2003, 27).

### **Terveydelliset vaikutukset**

Pitkäaikainen altistuminen suurille radonpitoisuuksille lisää merkittävästi riskiä sairastua keuhkosyöpään. Suomessa todetaan vuosittain noin 2000 keuhkosyöpää ja näistä noin 300 on arvioitu liittyvän radonaltistukseen. (Säteilyturvakeskus 2016.)

Pienikin säteilyannos voi aiheuttaa syövän, joskin todennäköisyys on tällöin pieni. Mitä kauemmin ja mitä suuremmassa radonpitoisuudessa oleskelee, sitä suurempi riski on. Tupakoitsijoilla radonista aiheutuva riski on suurempi kuin tupakointimattomilla. (Säteilyturvakeskus 2016.)

### **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Radonille on määritelty toimenpideraja sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä (944/1992) asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista. Asumisterveysohjeen mukaan päätöstä voidaan soveltaa myös muihin tiloihin kuin asuntoihin.

Päätöksessä todetaan, että asunnon huoneilman radonpitoisuuden ei tulisi ylittää  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Lisäksi todetaan, että uudet asunnot tulee suunnitella ja rakentaa siten, että radonpitoisuus ei ylittäisi arvoa  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Päätöksessä radonpitoisuudella tarkoitetaan radonpitoisuuden vuosikeskiarvoa. (Sosiaali- ja terveysministeriön päätös 944/1992, 2 §.)

Asikainen ja Hänninen (2005, 40) ovat kuitenkin tuoneet esille, että radonin enimmäispitoisuudella  $100 \text{ Bq/m}^3$  voitaisiin radonin aiheuttamista terveyshaitoista leikata puolet.



### 5.3.4 Pöly

#### Määritelmä

Pöly koostuu pienistä, kuivista ja kiinteistä hiukkasista, jotka ovat päässeet ilmaan luonnonvoimien seurauksena kuten tuuli tai tulivuoren purkaus, tai erilaisien prosessien seurauksena kuten murskaus, jauhatus, jysyntä ja poraus. Pölyhiukkaset ovat tavallisesti kooltaan noin 1–100 µm halkaisijaltaan. Niiden pysyminen tai joutuminen ilmaan riippuu niiden alkuperästä, fysikaalisista ominaisuuksista ja muista ympäristöehdoista. (WHO 1999, 1–2.)

Pölyihin lasketaan kuuluvaksi muun muassa seuraavat hiukkaset (WHO 1999, 2):

- mineraalipölyt, kuten kvartsipöly, kivihiilipöly ja sementtipöly
- metallipölyt, kuten lyijy, kadmium, nikkeli ja beryllium
- muut kemialliset pölyt, kuten torjunta-aineet
- orgaaninen ja kasviperäinen pöly kuten jauhot, puu, puuvilla ja siitepöly
- haittaa aiheuttavat biologiset pölyt kuten elinkykyiset homeet ja itiöt

Sisäilmaongelmien yhteydessä viitataan useimmiten mineraalikuituihin ja asbestiin, toisinaan myös rakentamisen aikana syntyneisiin pölyihin. Homeita käsiteltiin aiemmin luvussa 5.2.

#### Terveydelliset vaikutukset

Sisätiloissa koetun oireilun taustalla voivat olla rakennusmateriaaleista ja rakentamisesta aiheutuneiden pölyjen lisäksi tilojen käyttäjien muualta kuljettamat eläinpölyt, ulkoa sisätiloihin kulkeutuvat siitepölyt ja toiminnasta aiheutuvat pölyt (esim. tekstiili- ja puupöly). Esimerkiksi kissa-allergeeneja on tutkimuksissa löydetty merkittävästi myös asunnoista (ja kouluista), joissa ei ole kissoja. Pitoisuudet ovat olleet samaa suuruusluokkaa, mikä aiheuttaa herkistymisen pölypunkille. (Platts-Mills 2001, 43.8–43.9.)

Siitepölypitoisuudet sisätiloissa voivat myös aiheuttaa allergiaoireita. Etelä-Karjalan Allergia- ja Ympäristöinstituutin tekemän tutkimuksen (Jantunen ym. 2009,

13) mukaan sisätilojen siitepölypitoisuus oli keskimäärin 24 % ulkona mitatusta siitepölypitoisuudesta, joskin määrä vaihteli paljon etäisyyden ja olosuhteiden mukaan. Siitepöly voi lisäksi aivastuttaa talvella, sillä kuivassa sisäilmassa hiukkaset säilyvät pitkään toimintakykyisinä (Jantunen ym. 2009, 26). Sisätiloissa olevat pölyt voivat myös toimia haihtuvien yhdisteiden varastona (Rundt ym. 2005).

Näitä muita pölyjä ei kuitenkaan käsitellä tässä työssä tarkemmin, mutta sisäilmaongelmia ratkaistaessa, on hyvä tiedostaa näiden muiden pölyjen mahdollinen merkitys oireiluun.

Mineraalikuidut eivät kulkeudu kokonsa puolesta kovin helposti alahengitysteihin. Lähes 100 % kuiduista jää ylähengitysteihin ja voi aiheuttaa ärsytysoireita nenässä ja nielussa ja lisäksi voivat aiheuttaa ärsytysoireita silmissä ja iholla. Joututtuaan silmään, kuidut voivat aiheuttaa kipua silmiä räpytettäessä tai hieroessa. Mineraalivillakuitujen epäillään altistavan ylähengitysteiden tulehduksille. (Tuomainen 2003, 13–14.)

Asbestikuitujen tiedetään aiheuttavan merkittäviä terveysvaikutuksia. Asbestoosissa keuhkokudokseen kehittyy laaja-alaista sidekudoslisää, joka voi oireilla yskänä ja rasisitushengenahdistuksena. (Hengitysliitto 2016.) Jo lyhytkin altistuminen asbestille voi aiheuttaa keuhkopussin tai vatsakalvon pahanlaatuisen kasvaimen. Asbesti voi myös aiheuttaa keuhkosityöpää. Keuhkosityöpäriski kasvaa merkittävästi (20–50 kertaiseksi) tupakoitsijoilla. (Hengitysliitto 2016.) Rakennuksien käyttäjille kuitenkin asbestista on harvemmin haittaa, sillä asbesti ei aiheuta terveysvaikutuksia niin kauan kuin sitä sisältävä materiaali on ehjä.

Rakentamisessa syntyy runsaasti erilaisia pölyjä, joista merkittävimmät uudisrakentamisessa esiintyvät pölytyypit ovat betonipöly, puupöly, tasoitepöly, kivi- ja tiilipöly, laastipöly, eristevillapöly sekä maalipöly (Asikainen ym. 2009, 10). Rakennuspölyn merkitys tulee esille pääasiassa sellaisissa tilanteissa, joissa uudis- tai korjausrakentamisen jälkeen loppusiivous on tehty huolimattomasti. Myös korjausten aikaisten puutteellisten suojausten johdosta pölyä on voinut levitä samassa rakennuksessa käytössä oleviin tiloihin.

Betonipöly sisältää kvartsia, jonka hengittämisen on todettu olevan yhteydessä useisiin sairauksiin, kuten silikoosiin eli kivi- ja keuhkosairauteen sekä keuhkosyöpään (Asikainen ym. 2009, 13). Betonipölyn on todettu myös ärsyttävän ihoa sekä hengitysteitä emäksisyytensä takia (pH 10–12). Betonipölyssä esiintyy myös muita lisäaineita, jotka voivat ärsyttää ihoa. Lisäksi betonipöly voi aiheuttaa kromi- ja koboltiallergiaa. (Asikainen ym. 2009, 20.)

Sementti-, kivi- ja tiilipölyjen terveysvaikutukset ovat samankaltaisia betonipölyn kanssa johtuen pitkälti samanlaisesta koostumuksesta. Näiden terveysvaikutusten lisäksi sementtipölyn ja nielualueen syövän välillä on havaittu olevan yhteyttä. (Asikainen ym. 2009, 20.)

Puupölyjen tyypillisiin terveyshaittoihin lukeutuvat yskä ja keuhkoärsytys, silmien ärsytysoireet ja sidekalvon tulehdukset, erilaiset iho-oireet, krooninen keuhkoputkentulehdus, hengenahdistus, astma sekä nenän ärsytysvaikutukset, toiminnan muutokset ja pitkittynyt nuha. Näiden lisäksi puupölylle altistuvilla henkilöillä on yli 10-kertainen riskin sairastua nenän ja sen sivuontelon syöpään. (Asikainen ym. 2009, 20.)

Tasoite- ja maalipölyt aiheuttivat aikaisemmin neurotoksisia terveysvaikutuksia, mutta vesiohenteisten maalien käyttö on vähentänyt näitä. Terveysriskit eivät kuitenkaan ole poistuneet kokonaan vaan tasoite- ja maalipölyt on yhdistetty hengitysteiden ärsyyntymiseen sekä astma- ja allergiaoireisiin. Lisäksi ne voivat aiheuttaa silmä- ja iho-oireita. (Asikainen ym. 2009, 21.)

Muurareiden käyttämät laastit ovat emäksisiä ja siten laastipöly voi ärsyttää voimakkaasti ihoa, hengitysteitä ja silmiä. Pahimmillaan laasteista muodostuvat pölyt voivat olla jopa syövyttäviä. (Asikainen ym. 2009, 21.)

Eristevillapölyjen akuutit terveysvaikutukset liittyvät pitkälti ihon sekä ylempien hengitysteiden kuten kurkun ja nenän ärsytykseen. Näiden lisäksi voi esiintyä hengitysvaikeuksia sekä silmien ärsytystä. (Asikainen ym. 2009, 21.)

Sisätiloissa saattaa esiintyä myös väärin toteutetuista siivoustoimenpiteistä johtuvaa vahapölyä, jota voi irrota julkisissa tiloissa yleisesti käytettyjen linoleum- ja

muovimattojen pinnalta. Puhtausalalla pitkään toimineen filosofian tohtori Tuula Suontamon mukaan näin voi käydä silloin kun lattioita vahatessa tiloissa on läpiveto, tai vaha levitetään kostealle alustalle. Vahapölyn terveysvaikutuksia koskevia tutkimuksia ei Suontamon mukaan tiettävästi juurikaan ole. Vahapolymeerit ovat suurikokoisia molekyylejä ja kemialliselta luonteeltaan melko passiivisia eivätkä reagoi helposti muiden aineiden kanssa. Kokonsa takia ne eivät nouse helposti hengitysilmaan. Jos vahapölyä joutuu hengitysteihin, se ei pääse ainakaan verenkiertoon saakka. Useimmiten se jää nenäkarvoihin. (Suontamo, sähköpostiviesti 21.11.2016.)

### **Terveydellistä haittaa aiheuttavat poikkeamat**

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 545/2015 (19 §) on määritelty toimenpiderajoja sisäilmassa oleville hiukkasille ei-tuotannollisissa tiloissa. Halkaisijaltaan maksimissaan 10 µm hengitettäville hiukkasille toimenpideraja on 50 µg/m<sup>3</sup> (mittaus 24h). Hiukkasten ollessa pienempiä (halkaisija max 2,5 µm) pitoisuus sisäilmassa saa olla enintään 25 µg/m<sup>3</sup> (mittaus 24h).

Teollisten mineraalikuitujen toimenpideraja kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä on 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup> (STM asetus 545/2015, 19 §).

Asbestikuitujen esiintymistä pinnoille laskeutuneessa pölyssä pidetään toimenpiderajan ylittymisenä. Sisäilman asbestikuitujen pitoisuus ei saa ylittää 0,01 kuitua/cm<sup>3</sup>. (STM asetus 545/2015, 19 §.)

Pölyjen mittausmenetelmiin liittyy myös epävarmuustekijöitä, joten näitä toimenpiderajoja ei pidä käyttää sellaisenaan vaan pölyjen haitallisuutta arvioitaessa on huomioitava pölypitoisuuteen mahdollisesti vaikuttavat eri tekijät.

## 6 KYSELYN LAATIMINEN

### 6.1 Hyvän kyselyn elementit

Kysely on tiedonkeruumenetelmä, jolla voidaan hankkia tietoa ihmisten mielipiteistä, kokemuksista, tuntemuksista ja tietämyksestä. Kirjallisuudessa on lukuisia esimerkkejä siitä, mihin kysymysten laadinnassa tulee kiinnittää huomiota ja miten erilaiset valinnat vaikuttavat vastauksiin. Tässä luvussa ei ole tarkoitus tuoda esille kaikkea mahdollista, vaan esitellä erilaisia näkökulmia valottaakseen sitä, miten merkityksellinen vaihe kysymysten laatiminen on. Viime kädessä kyselyn laatijan on aina peilattava laadittua kysymystä määritettyyn tavoitteeseen, sillä täysin yksiselitteisiä ohjeita kysymysten laadintaan ei voida antaa.

Hyvän kyselyn tulisi kyetä täyttämään seuraavat vaatimukset (Duke university 2016):

- Kukin kysymys mittaa sitä, mitä sen halutaan mittaavan
- Mikään kysymys ei mittaa virheellisesti muita kuin haluttuja käsitteitä
- Jokainen vastaaja tulkitsee kysymykset samalla tavalla
- Jokainen vastaaja kykenee vastaamaan tarkasti
- Jokainen vastaaja (kyselyn saanut) on halukas vastaamaan

Kysely voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Tiedot voidaan hankkia esimerkiksi haastattelemalla ihmisiä kasvokkain tai puhelimitse, kysely voidaan lähettää vastaajalle postitse tai sähköpostilla. Kysely voi lisäksi olla ns. avoin, puolistrukturoitu tai kokonaan strukturoitu. Avoimella kyselyllä tarkoitetaan sitä, että kysymyksiin voi vastata omin sanoin ja vastaavasti kokonaan strukturoidussa on kysymyksiä, joissa on valmiit vastausvaihtoehdot.

Avoimen kyselyn hyvänä puolena on erityisesti se, että sillä on mahdollista saada kaikki mahdolliset vastaukset. Merkittävänä huonona puolena on se, että vastausten analysointi on aikaa vievää ja tämä nostaa merkittävästi aineistonkeruusta ja analysoinnista syntyviä kustannuksia.

Haastattelija-avusteiset kyselyt ovat kalliita, mutta tuottavat korkean vastausprosentin ja laadukkaita tuloksia. Nettikyselyt ovat puolestaan edullisia, mutta vastausprosentit jäävät usein alhaisiksi ja tulosten laatu saattaa kärsiä. (Bethlehem & Biffignandi 2012, 182–183.)

Strukturoidun, Internetin välityksellä toteutetun kyselyn hyviä puolia on erityisesti nopeus ja edullisuus. Se antaa vastaajalle helpon tavan vastata. Vastaajan ei tarvitse miettiä vastaustaan, vaan se on valmiiksi kirjoitettu. Valmiiden vastausvaihtoehtojen johdosta vastaajan ei ole yksistään oman muistin varassa. Valmiit vastausvaihtoehdot helpottavat merkittävästi vastausten luokittelua ja suoraviivaistavat tulosten analysointia (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2017). Tutkimuksen kannalta hyvä puoli on se, että ei tarvita pitkää aikoneiston keruuaikaa ja kustannuksia voidaan säästää, sillä tulostus, postitus ja mahdolliset haastattelijakustannukset jäävät pois (Heerwegh 2005, 8–9; Bethlehem & Biffignandi 2012, 170). Sähköisillä kyselyillä voidaan tavoittaa helposti suuri joukko potentiaalisia vastaajia, tutkimus voidaan käynnistää nopeasti ja kyselyyn voidaan käyttää lisänä multimediaa (ääni, kuvat, elokuvat). (Bethlehem & Biffignandi 2012, 170.)

Sähköisesti toteutetut kyselyt ovat nykyään suosittuja, mutta niillä on myös heikkoutensa. Nykyään käytetään paljon nettiä ja sähköpostia, että roskapostisuodattimet voivat estää kyselyn saamisen. Luottamus kyselyihin on myös alhainen ja yleisesti ottaen vastausprosentit nettikyselyissä ovat alhaisia. (Bethlehem & Biffignandi 2012, 50, 51.)

Kyselyjä käytetään tiedon keräämiseen ja saadun tiedon pohjalta tehdään johtopäätöksiä. On luonnollista olettaa, että kyselyn tulokset ovat oikeita eli vastaavat todellisuutta ja niiden pohjalta voidaan ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin. Kyselyn laatiminen on hyvä aloittaa määrittämällä tarkasti mitä halutaan mitata (Dolnicar 2013, 555). Tämä voidaan toteuttaa määrittämällä vastaaja (rater), attribuutti ja objekti. Jos esimerkiksi hotelli haluaa tietää, miten hyvänä/mukavana herra Smith pitää hotellin sänkyä, muodostuu mitattava asia seuraavasti:

MR SMITH'S (vastaaja)

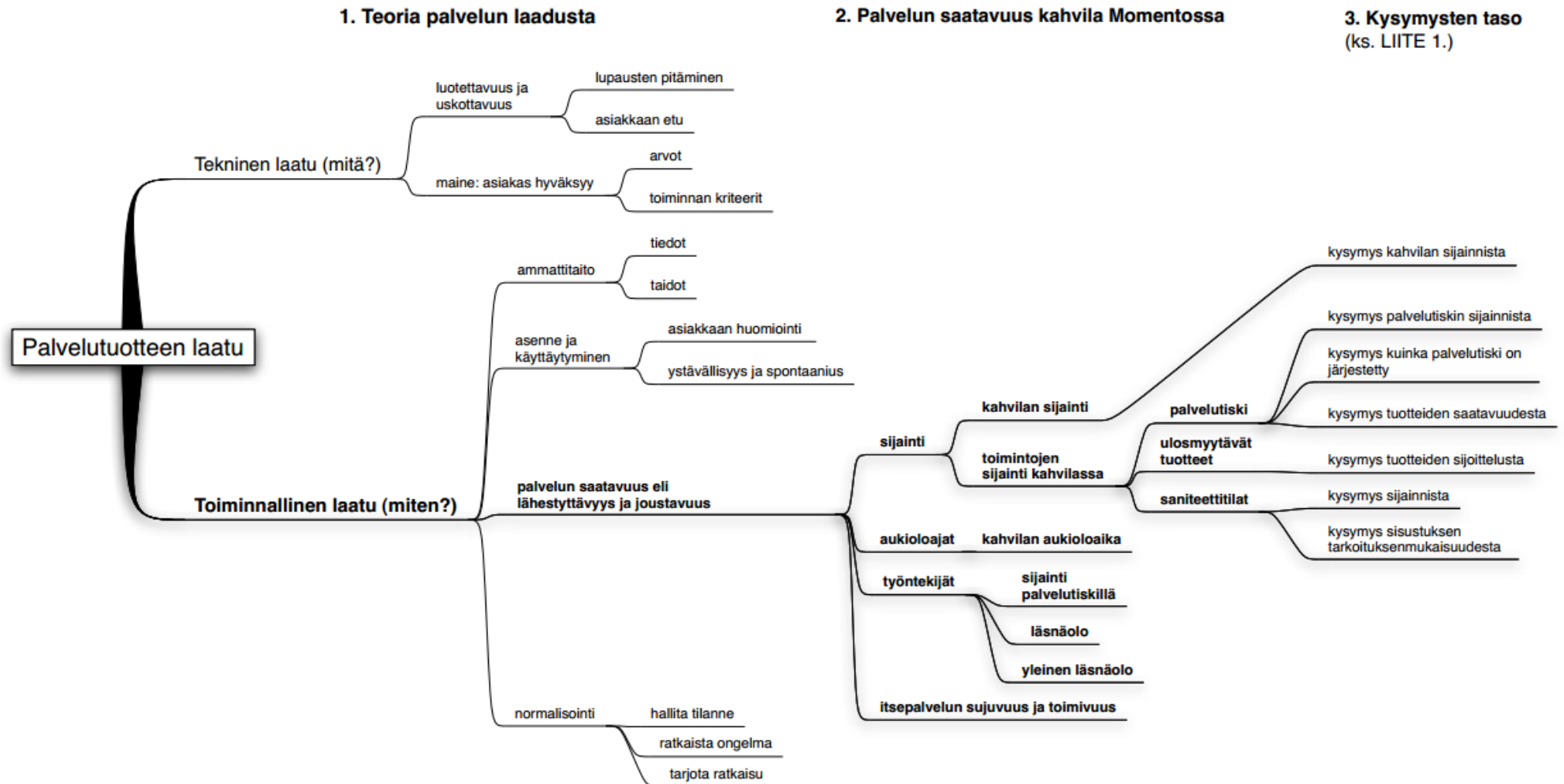
EVALUATION OF HOW COMFORTABLE (attribuutti, joka tarkoittaa tutkittavaa kohdetta)

THE BED IS (objekti, tutkimuksen kohde)

Edellisessä esimerkissä sänky on konkreettinen ja mukavuuskin on sängyn osalta yleensä ihmisille helposti ymmärrettävä asia. Tällöin voidaan muodostaa yksi kysymys, jolla Smithin kokemus saadaan selville.

Kun halutaan mitata abstrakteja asioita, kuten rakennuksen terveellisyyttä, voidaan kysymysten laadinnan apuna käyttää esimerkiksi käsitekarttaa (Vilkkä 2007, 39; Dillman ym. 2014, 96). Kuvassa 1 on esimerkki siitä, miten 'palvelun laatu' -käsite voidaan muuntaa kysymyksiksi. Tässä yhteydessä on hyvä tiedostaa, että kysymykset tulee aina laatia tutkittavan asian suhteen. Jos halutaan selvittää esimerkiksi 'palvelun lähestyvyyttä' ja 'joustavuutta' kahvilassa ja verkkopalvelussa, poikkeavat kysymykset toisistaan, vaikka tutkitaan samoja asioita. (Vilkkä 2007, 42) Tästä johtuen on ensiarvoisen tärkeää, että kyselyn laatija tuntee syvällisesti mitattavan aihealueen. Lisäksi hänen on tunnettava hyvin tutkimuksen kohderyhmä ja arkikielen käsitteet, joita kohderyhmä käyttää. (Vilkkä 2007, 44.)

Kuvan 1 esimerkki kuvastaa hyvin sitä, miten laajasta ja moninaisesta asiasta käsitteen muuntamisessa kysymyksiksi on kyse. Näin ollen huolellinen tutkittavan asian purkaminen oikeanlaisiksi kysymyksiksi on olennainen vaihe, sillä tämä vaihe vaikuttaa suoraan tutkimustulosten luotettavuuteen ja pätevyyteen (Vilkkä 2007, 44). Ellei kysely mittaa sitä, mitä sen halutaan mittaavan, ei ole merkitystä sillä, miten onnistuneesti ja oikeaoppisesti kyselystä saatuja tuloksia käsitellään. Rakennuksen terveellisyys -käsitteen muuntaminen kysymyksiksi on esitetty luvussa 6.2.



Kuva 1. Palvelun laatu -käsitteen muuntaminen teoriasta kysymyslomakkeeksi (Vilkkä 2007, 39).



Kysymykset ovat muuttujia ja vastausvaihtoehdot muuttujien arvoja. Muuttujat voivat olla tutkimusmuuttujia tai taustamuuttujia. Tutkimusmuuttujat ovat niitä, jotka mittaavat itse asiaa eli tässä työssä rakennuksen terveellisyyttä. Tutkimusmuuttujaa voidaan kutsua myös indikaattorimuuttujaksi, jolloin kysymys ei suoraan mittaa tutkittavaa asiaa vaan indikoi sitä. Tällaisena voidaan pitää esimerkiksi kysymystä ikkunan pitämisestä auki, mikä indikoi yleensä hyvin ilmanvaihdon toimivuutta. Taustamuuttujat ovat taas niitä, jotka antavat yleisempää tietoa vastaajasta kuten esimerkiksi ikä, sukupuoli ja asuinpaikka. (Menetelmäopintojen tietovaranto 2015).

Kyselyissä on olennaista, että kyselyn saaneet vastaavat kyselyyn. Vastauskato on kuitenkin nykyään varsin yleistä. Vastaaja voi jättää vastaamatta koko kyselyyn tai joihinkin yksittäisiin kysymyksiin. Erilaisilla keinoilla vastauskatoa voidaan vähentää, mutta toisaalta on hyvä muistaa, että toteutettiin kysely miten hyvin tahansa, vastauskatoa ei useimmiten voida kokonaan poistaa.

Vastausaktiivisuuteen vaikuttavat monet tekijät. Vastaaja voi arvioida kyselystä saadut hyödyt (esim. voiko auttaa tutkijaa, aihe vastaajan mielenkiinnon kohde) ja haitat (ajankäyttö, yksityisyys) (Heerwegh 2005, 45; Albaum & Smith 2012, 187). Toisaalta kyselyyn saatetaan vastata siitä syystä, että halutaan välttää epämiellyttävää tunnetta, joka voi syntyä vastaamattomuudesta (Albaum & Smith 2012, 187). Lisäksi on havaittu, että ihmiset vastaavat mieluiten sellaiseen kyselyyn, joka on itselle tärkeä ja mielekäs kuin jos se on vieras ja yhdentekevä (Nikula 2010, 11; Heerwegh 2005, 15; Albaum & Smith 2012, 188). Hollantilaisessa asunnon vaihtoa koskevassa tutkimuksessa kävi ilmi, että vastaamatta jättäneet olivat niitä, joilla ei ollut aikomusta vaihtaa asuntoa seuraavan 2 vuoden aikana ja vastaavasti ne, joilla oli aikomus vaihtaa asuntoa, olivat halukkaampia vastaamaan (Bethlehem & Biffignandi 2012, 125).

Sosioekonomisen aseman on havaittu vaikuttavan vastaamisaktiivisuuteen ja esimerkiksi alemman koulutuksen saaneet vastaavat vähemmän kuin korkeasti koulutetut (Nikula 2010, 11).

Jotkut kysymykset saattavat olla arkaluontoisia ja silloin kun vastaajalla on pelko tunnistetuksi tulemisesta, saatetaan kyselyyn jättää vastaamatta tai vastataan tietoisesti väärin. Tällaisia kysymyksiä ovat muun muassa terveyteen, seksuaalisuuteen, väkivaltaan tai päihteiden käyttöön liittyvät kysymykset. (McNeeley 2012, 380.)

Vastausaktiivisuuden on havaittu riippuvan myös siitä, kuka kyselyn tekee. Jos kyselyn tekijänä on arvostettu professori, vastataan siihen todennäköisemmin kuin jos tekijä on opiskelija. (Heerwegh 2005, 47.)

Tekniikkaan liittyvät ongelmat voivat myös olla osasyynä vastaamattomuuteen. Kysely ei tavoita vastaajaa, koska sähköpostiosoite on väärä tai vastaaja ei lue sähköpostia. Vastaaja ei välttämättä osaa käyttää kunnolla tietokonetta tai ei osaa muutoin vastata kyselyyn. Kysely ei jostain syystä aukea tai ohjelmat ovat sopimattomia keskenään. (Heerwegh 2005, 15, 37.)

Stoopin (2012, 122) mukaan suurin osa vastauskadosta johtuisi kieltäytymisestä kuin muista syistä, joten kyselyn laatimisessa tulisikin kiinnittää erityistä huomiota kieltäytymisen minimoimiseen. Heerwegh (2005, 46) sen sijaan tuo esille, että päätös kyselyyn osallistumisesta tehtäisiin kuitenkin erityisesti perustuen sen hetkiseen tilanteeseen kotona.

Vastauskatoa voidaan vähentää muistutuksilla. Muistutuksia kannattaa lähettää maksimissaan kolme. Neljännen on todettu olevan yleensä tehoton. Muistutus toimii hyvin, jos muistutus tehdään kahden päivän kuluttua kyselyn lähettämisestä. Tutkimuksissa on havaittu, että vastausaktiivisuus laskee merkittävästi muutaman päivän kuluttua. Liika muistuttaminen voi johtaa ärsyyntymiseen ja vastaamattomuuteen. (Bethlehem & Biffignandi 2012, 45–46.)

Huolimatta siitä, että vastauskato voi merkittäväällä tavalla vaikuttaa tulosten luotettavuuteen, se ei kuitenkaan ole suora indikaattori kyselytutkimuksen laadusta. Ratkaisevaa on se, millä tavalla vastaajat eroavat niistä, jotka jättävät vastaamatta. (Billiet & Matsuo 2012, 154.)

Vastauskatoa pidetään merkittävänä syynä tulosten epäluotettavuudelle, mutta ihan yhtä tärkeää luotettavuuden kannalta on kysymyksen sisältö ja muoto. Kirjallisuudessa on esitetty lukuisia esimerkkejä siitä, miten hyvin pienet tekijät voivat vaikuttaa kysymyksen tulkintaan, vastaukseen ja lopulta tulosten luotettavuuteen.

Jos vastaajan oletetaan palauttavan mieleen menneitä tapahtumia, on tämä yksi virhelähde, sillä ihmiset tekevät muistivirheitä. Ihmisellä on taipumusta unohtaa asioita erityisesti, jos ne ovat tapahtuneet kauan sitten tai kun ne eivät ole kovin merkityksellisiä. Helpommin muistetaan sellaiset asiat, jotka ovat tärkeitä, mielenkiintoisia ja esiintyvät useasti. Mitä pidemmän ajan päähän on muistettava, virheen mahdollisuus kasvaa. Unohtamisen on arvioitu olevan lineaarista ajan suhteen. (Bethlehem & Biffignandi 2012, 122, 123.) Muistivirheet lisääntyvät merkittävästi, kun mieleen tulisi palauttaa yli 14 viikon takaisia tapahtumia (Iarossi 2006, 54). Ihmisillä ei myöskään ole taipumusta luokitella tapahtumia kuukausien tai vuosien perusteella (Dillman ym. 2014, 98).

Pienet erot kysymyksissä voivat saada merkittäviä eroja vastauksiin. Kahdelle testiryhmälle näytettiin lyhytelokuva, jonka jälkeen heille esitettiin kysymyksiä. Toiselta ryhmältä kysyttiin mm. *“Did you see the broken light?”* ja toiselta ryhmältä kysyttiin *“Did you see a broken light?”*. Kyllä-vastaukset erosivat ryhmien välillä merkittävästi, ero oli noin 30 %. (Iarossi 2006, 30 - 31.)

Hyvin yleisluontoisten sanoja käyttäminen voi johtaa merkittävän erilaisiin tulkitoihin. Jos kysymyksessä kysytään *“Millainen auto sinulla on?”* vastaukset voivat olla hyvinkin erilaisia. Vastauksena saattaa olla esimerkiksi *“ulkomaaalainen auto”*, *“neliveto”*, *“urheiluauto”* tai jopa *“erittäin hieno auto”*. (Iarossi 2006, 41.)

Kyselyissä on syytä käyttää helposti ymmärrettävää, selkeää ja vastaajalle tuttua kieltä. Epäselvät kysymykset johtavat vastaajan turhautumiseen. (Iarossi 2006, 37, 40.) Luettavuus ja selkeys ovat kyselyissä tärkeämpiä tekijöitä kuin kieliopillinen oikeus (Iarossi 2006, 44).

Olennaista on kysyä myös sellaisia kysymyksiä, joihin vastaajalla on tosiasialliset mahdollisuudet vastata. Esimerkiksi vastaaja todennäköisesti tietää missä kaupungissa hänen yrityksensä myy tuotteitaan, mutta hänellä ei välttämättä ole tietoa kyseisten kaupunkien väkiluvusta. (Iarossi 2006, 42.)

Erityisen tärkeää kyselyissä on myös se, että kysytään vain yhtä asiaa yhdessä kysymyksessä. Esimerkiksi kysymyksessä *“How useful will this textbook be for students and young professionals in the field?”* (Penwarden 2015) viitataan sekä opiskelijoihin että nuoriin ammattilaisiin, joille kirjan hyödyllisyys voi olla erilainen. Tällainen pakottaa vastaajan antamaan kuitenkin vain yhden vastauksen koskien molempia tapauksia. Tällöin vastaaja hämmentyy ja vastaaminen vaikeutuu (Iarossi 2006, 42).

Kyselyn tavoitteena voi olla tarpeen selvittää määrän lisäksi voimakkuutta. Dolnicarin (2013, 566) mukaan määrä ja voimakkuus on hyvä kysyä erillisinä kysymyksinä. Ensin vastaajaa kannattaa pyytää valitsemaan kahdesta vaihtoehdosta – ”Kyllä” tai ”Ei” – ja tämän jälkeen erillisellä kysymyksellä selvittää, miten voimakkaana vastaaja kokee asian. Tutkimuksen mukaan kysymällä johdonmukaisesti määrä ja voimakkuus erillisinä kysymyksinä johtivat suurempaan vaihteluväliin parantaen tutkimuksen validiteettia.

Luotettavien vastausten saamiseksi on huolehdittava siitä, ettei kysymys anna erilaisia piiloviestejä. Esimerkiksi johdattelevat kysymykset ovat tällaisia (Iarossi 2006, 34):

“ How well is the Prime Minister managing monetary policy? ” 1. Extremely well 2. Very well 3. Pretty well 4. Well 5. Not so well

Kysymys ohjaa ajattelemaan, että pääministeri on hoitanut rahapolitiikkaa hyvin ja kaikissa vastausvaihtoehdoissa on jonkinasteinen positiivinen lataus (”well”). Koska vastausvaihtoehdoista puuttuu En tiedä -vaihtoehto, on vastaajan suhtauduttava pääministerin rahapolitiikan hoitamiseen vähintään hieman positiivisesti, vaikka todellisuudessa hän ajattelisi hyvin negatiivisesti. Tällaisella kysymyksellä ja vastausvaihtoehdoilla ei välttämättä saada selville ihmisten todellisia mielipiteitä.

Kyselyn teknistä toimivuutta ja ymmärrettävyyttä on suositeltavaa testata testikyselyllä (Bethlehem & Biffignandi 2012, 46, 192). Testaaminen voidaan toteuttaa esimerkiksi pyytämällä muutamia henkilöitä vastaamaan kyselyyn ja pyytämään arvioimaan kyselyn sisällöllistä ymmärrettävyyttä ja teknistä toimivuutta.

Kyselyissä on tärkeää, että kukin vastaaja pääsee täyttämään kyselylomakkeen vain kerran. Näin ollen kyselylomake on hyvä olla koodattu niin, että jokaiselle vastaajalle, jolle kysely on lähetetty, on oma uniikki koodi. (Bethlehem & Biffignandi 2012, 64.)

Tärkeää on kiinnittää huomiota, miten vastaaja lähestytään ja miten tutkimus esitellään heille. (Bethlehem & Biffignandi 2012, 192). Kyselyyn on hyvä sisällyttää vastausohjeet (kysymyskohtaiset tarvittaessa) (Bethlehem & Biffignandi 2012, 192). Hyvässä kyselyssä vastaaja pystyy seuraamaan sitä, kuinka paljon on vielä vastaamatta. Tämä kannustaa jatkamaan vastaamista (Bethlehem & Biffignandi 2012, 194 - 195).

Yleisesti ottaen kyselylomake kannattaa pitää yksinkertaisena, jotta se toimii jokaisella vastaajalla (Bethlehem & Biffignandi 2012, 196). Kyselylomakkeen houkuttelevuuteen (visualisointi) kannattaa myös kiinnittää huomiota (Bethlehem & Biffignandi 2012, 196).

## 6.2 Rakennuksen terveellisyys -käsite kysymyksiksi

Onnistuneen kyselyn edellytys on, että se mittaa sitä, mitä sen halutaan mitata. Tässä työssä kyselyn tulisi mitata rakennuksen terveellisyyttä. Liitteeseen 1 on koottu terveyshaitteekijät, jotka esiteltiin luvussa 5, sekä miten haitteekijöissä tapahtuvia poikkeamia voidaan aistinvaraisesti havaita ja aistinvaraisiin havaintoihin liittyvät kysymykset, joiden on arvioitu soveltuvan kyselyyn.

Kysymykset on pyritty valitsemaan siltä pohjalta, millaisia havaintoja tilojen käyttäjät kokemukseni mukaan normaalistikin tekevät. Tällä tavalla on pyritty helpottamaan kysymyksiin vastaamista.

Ilmanvaihdon ongelmia esiintyy usein silloin, kun ilma tuntuu tunkkaiselta ja käyttäjä haluaa avata ikkunan. Rakennuksessa, jossa on ilmanvaihdollisia ongelmia, ikkunoita pidetään usein auki, riippumatta siitä, onko kyse asuin- tai toimistorakennuksesta. Ikkunoiden huurtuminen viittaa usein myös heikkoon ilmanvaihtoon ja tummat viirut seinän ja katon liitoskohdassa ovat usein merkki liiallisesta alipaineisuudesta, joka aiheutuu suuresta poistoilmavirrasta suhteessa tuloilmavirtaan.

Lämpöolosuhteissa esiintyvät puutteet tulevat esille yksinkertaisesti niin, että käyttäjä kokee ilman olevan liian kylmä tai liian kuuma. Merkittävä kylmyyden tunnetta lisäävä veto tulee usein myös esille niin, että käyttäjä ilmoittaa kokevansa vetoa.

Ilmankosteus on myös sellainen tekijä, jota käyttäjät useimmiten kuvailevat pääasiassa liian kuivaksi, sillä kuiva ilma aiheuttaa oireilua toisin kuin kostea ilma. Jos ilma on hyvin kosteaa, voivat paperit tuntua aavistuksen pehmeiltä, mutta sisäilma on harvemmin Suomessa näin kosteaa ei-tuotannollisissa tiloissa.

Rakenteissa oleva liiallinen kosteus saattaa näkyä pintamateriaalin kupruiluna tai hilseilyinä. Vesivuodot voivat jättää pinnoille myös selviä valumajälkiä.

Silloin kun tekniset laitteet, kuten ilmanvaihto- tai lämmitysjärjestelmä, aiheuttavat häiritsevää ääntä, käyttäjät raportoivat melusta. Akustiset ongelmat käyttäjä havaitsee niin, että tiloissa on poikkeuksellisen meluisaa ja toisen puheesta saa ongelmitta selvää vain hyvin lähellä ollessa. Käyttäjät puhuvat tällöin yleensä akustisista ongelmista.

Valaistus on nykyään rakennuksissa varsin hyvällä tasolla ja valaistuksessa mahdollisesti esiintyvistä puutteista harvemmin valitetaan sisäilmaongelmien yhteydessä. Valaistus nähdään ennemminkin työergonomiaan liittyvänä asiana, vaikka heikko valaistus voi aiheuttaa terveysvaikutuksia. Käyttäjien kokiessa valaistuksessa olevan puutteita, he usein puhuvat heikosta valaistuksesta.

Käyttäjät yleensä aika hyvin erottavat viemärinhajun muista hajuista, joten viemärikaasujen olemassaoloa indikoi hyvin havainnot viemärinhajusta.

Mikrobien olemassaoloa voivat indikoida tietyt tekijät, joskin aina muuta havaintoa ei ole kuin poikkeuksellinen sairastelu. Mikrobien olemassaolo on riippuvaista poikkeavasta kosteudesta rakenteissa, joten pinnoilla havaitut vesivuotojäljet lisäävät merkittävästi mikrobivaurion todennäköisyyttä. Mikrobit voivat tuottaa myös erilaisia haisevia yhdisteitä ja mikrobivaurioituneissa tiloissa usein haisee poikkeavalle. Usein hajua kuvataan joko kostean maan tai mullan hajuksi tai maa-kellarille. Pintamateriaalien kupruilut ja hilseilyt viittaavat usein ylimääräiseen kosteusrasitukseen ja mahdolliseen mikrobivaurioon.

Rakennusmateriaaleista vapautuu normaalissakin tilanteessa erilaisia yhdisteitä. Silloin kun yhdisteitä vapautuu poikkeavan paljon, tiloissa voi esiintyä erilaisia hajuja. Näitä hajuja kuvataan usein pistäviksi tai kemikaalimaiseksi.

Radonkaasu on hajuton, mauton ja väritön kaasu. Sitä ihminen ei pysty aistimaan millään tavalla ja tästä syystä sen olemassaolosta ei ole mahdollista tehdä kysymystä.

Sisäilmassa voi olla useita erilaisia pölyjä eikä ole tarkoituksenmukaista yrittää laatia kysymystä jokaisesta erikseen. Haitallista pölyä ei välttämättä näe, kuten mineraali- ja asbestikuituja. Näin ollen pölyn olemassaoloa on usein vaikea aistia suoraan. Mineraalikuituja on useissa julkisissa ja ei-tuotannollisissa rakennuksissa (erityisesti hieman vanhemmissa) yleensä jonkin verran ja ellei niitä siivouksella poisteta pinnoilta, voi niiden määrä tiloissa ylittää sallitun viitearvon.

Silmin havaittavan pölyn esiintyminen tasopinnoilla indikoi heikkoa siivouksen ja siivottavuuden tasoa. Se voi olla myös viite rakennus- tai vahapölystä. Kuitujen esiintyminen tulee yleensä esille myös tietynlaisena oireiluna. Mineraalikuitujen olemassaoloa voi indikoida silmien ärtyminen (tunne, että tikkuja silmissä), ääni käheytyy ja kädet voivat kutista. Mineraalikuitujen esiintymistodennäköisyyttä lisää myös se, että tiloissa on pinnoittamattomia kuitulähteitä (esim. akustiikkalevyt). Kaikki käyttäjät eivät kuitenkaan välttämättä osaa tehdä arviota kuitulähteen olemassaolosta.

### 6.3 Kyselyn esittely

Kysely on kokonaisuudessaan liitteessä 2. Tässä luvussa ei käydä läpi yksittäisiä kysymyksiä, koska rakennuksen terveellisyttä mittaavien kysymysten valinta käy ilmi edellisessä luvussa 6.2 (rakennuksen terveellisyys -käsite kysymyksiksi).

Kyselystä päätettiin tehdä olosuhdepainotteinen siitä syystä, että olosuhteet ovat rakennuskohtaisia toisin kuin oireilun syyt voivat olla muuallakin kuin jossakin tietyssä rakennuksessa. Ihminen voi oireilla eri tavoin eri haittatekijöille ja tässä työssä arvioitiin, ettei sillä ole niinkään merkitystä, millaista oireilu on, vaan sillä on merkitystä, miten merkittävästi se haittaa tiloissa oleskelua. Tästä syystä ei pidetty tarpeellisena kysyä, esiintyykö jotakin tiettyntyyppistä oireilua vaan lähtökohdaksi otettiin oireilun haittaavuus yleensä. Lisäksi oireilutietojen kerääminen ja oireilun merkityksen arvioiminen on aina syytä jättää terveydenhuollon ammattilaisten tehtäväksi.

Alkuun oli tarkoituksenmukaista laittaa ohjeet siitä, miten kyselyyn tulisi vastata. Alkuun laitettiin muutama työskentelyn kestoa koskeva kysymys ja tarkoituksena oli, että näitä voitaisiin hyödyntää tulosten analysoinnissa.

Kysely rakennettiin sellaiseksi, että vastaajan ei tarvitse ajatella vastatessa muuta kuin omaa pääasiallista työtilaa, jolloin vastaamisen arvioitiin olevan kohtuullisen helppoa. Käyttäjällä todennäköisesti on melko hyvä käsitys oman työtilan sisäilmasta, mutta ei välttämättä ole niinkään käsitystä rakennuksen muista tiloista. Ajatuksena oli se, että kun kukin vastaa koskien omaa työtilaa, saadaan tätä kautta selville mahdollisten ongelmien laajuutta. Toki tämä rajaa kyselyn käyttöä vain sellaisiin kohteisiin, joissa työntekijät työskentelevät pääasiassa samassa työtilassa. Näin haittojen arviointi rajautuu myös niihin tiloihin, joissa pääasiassa oleskellaan. Tällainen kysymyksenasettelu painottaa niitä puutteita, jotka ovat pääasiallisissa työskentelytiloissa. Jos ongelmia on pääasiassa esimerkiksi kellaritiloissa, joissa ei oleskella kuin hetkellisesti silloin tällöin, niin oletusarvoisesti tällaisen ongelman merkitys tilojen käyttäjien terveydelle ei ole niin merkityksellinen.



Kysymykset laadittiin muutamaa kysymystä lukuun ottamatta kokonaan strukturoituksi, sillä vain näin pisteiden laskenta voidaan toteuttaa nopeasti. Mikäli käytettäisiin avoimia vastausvaihtoehtoja, vaatisi tulosten koodaus runsaasti aikaa eikä menetelmä tällöin täyttäisi nopeuden vaatimusta.

Varsinaiset hättäkijöitä koskevat kysymykset ovat kaksiosaisia. Ensin vastaajan tehtävänä on ottaa kantaa siihen, esiintyykö mahdollista hättäkijää vai ei. Jos hän on sitä mieltä, että hättäkijää esiintyy, vaikkakin vain harvoin, niin vastataan kyllä. Tämän jälkeen vastaaja saa jatkokysymyksen, jossa arvioidaan hättäkijän olemassaolon vaikutusta työskentelyyn.

Jatkokysymyksiin valittiin kolme vaihtoehtoa siksi, että tämän katsottiin olevan riittävä tekemään eroa kohteiden välille ja kolmen vaihtoehdon arvioitiin vähentävän myös valinnan vaikeutta helpottaen vastaamista.

Ihmisen tarkka muisti ei yllä kovin pitkälle ja tästä syystä kysymyksissä pyydettiin arvioimaan tilannetta viimeisen kolmen kuukauden ajalta. Toki osa kysymyksistä, kuten lämpötilaan liittyvät, ovat sellaisia, joihin voi olla vaikea vastata sillä ongelmia voi esiintyä vain joko kesä- tai talviaikana.

Kysymykseen 18 valituilla kuvilla pyrittiin vähentämään erilaisia tulkintoja erilaisista havainnoista. Kyselytyökalusta johtuen kuvaa ei voinut liittää kysymykseen, joka sisälsi jatkokysymyksen ja tästä syystä tämä kysymys poikkesi rakenteeltaan hieman muista terveyshättäkysymyksistä.

Laskentamenetelmästä johtuen kaikki kysymykset ja vastausvaihtoehdot pyrittiin laatimaan samanmuotoisiksi eli kussakin on ensin kaksi vaihtoehtoa ja sitten jatkokysymyksenä kolme vaihtoehtoa.

Mukaan otettiin yksi avoin kysymys, jonka tavoitteena oli saada vastaajat vielä erikseen kertomaan koko rakennuksessa tekemistään havainnoistaan ja kokemuksistaan. Tämän arvioitiin helpottavan tulosten luotettavuuden arvioimista. Avointen vastausten tulisi pääpiirteissään olla samansuuntaisia muiden vastausten kanssa.

Kyselyn loppuun lisättiin kysymyksiä (kysymykset 26–30), joita arvioitiin voitavan hyödyntää tulosten luotettavuuden arvioinnissa. Lisäksi lopussa oli yleisiä, kyse-lyissä usein esitettyjä taustakysymyksiä ja nämä otettiin mukaan tässä vaiheessa varmuuden vuoksi, jotta niitä voidaan tarvittaessa hyödyntää.

Tarkoituksena oli, että kaikki kysymykset olisivat olleet pakollisia, jotta vähennet-täisiin yksittäisiin kysymyksiin vastaamattomuutta, mutta jatkokysymyksiä ei ollut mahdollista laittaa pakollisiksi.

Kyselyn loppuun laitettiin myös lisätietoja-kohta, johon vastaaja voi haluttaessa kertoa tarpeelliseksi katsomiaan asioita. Tavoitteena oli se, että tällä saataisiin sellaista tietoa, jota ei muilla kysymyksillä saada selville.

Lopuksi vastaajaa pyydettiin antamaan palautetta kyselystä ja tämän tarkoituk-sena oli saada arvokasta tietoa kyselyn kehittämiseksi.

Laaditun kyselyn toimivuutta ja ymmärrettävyyttä testattiin ensin Espoon kaupun-gin Tilakeskus-liikelaitoksen henkilökunnalla ja kyselyä muokattiin saadun palaut-teen pohjalta. Se, että kysely testattiin juuri tässä kohteessa, johtui siitä, että sa-malla oli mahdollisuus nähdä, miten hyvin tulokset vastaavat opinnäytetyön teki-jän havaintoja rakennuksen sisäilmasta.

Tällä hetkellä julkisessa keskustelussa huomio usein kiinnittyy pääasiassa kos-teus- ja homevaurioihin eikä tilojen ahtaus (liikaa käyttäjiä) ja siitä aiheutuvat seu-raukset saa riittävää huomiota. Tällöin on kyse tilojen vääränlaisesta käytöstä eikä rakennukseen liittyvästä puutteesta. Tällä tekijällä on kuitenkin merkittäviä vaikutuksia muun muassa ilmanvaihdon riittävyyteen ja tilojen puhtaanapitoon. Lisäksi tällaisissa tiloissa erilaiset epidemiat leviävät herkemmin. Useissa kou-luissa ja päiväkodeissa on yhtäaikaista käyttäjiä enemmän kuin millaiselle henki-lömäärälle tilat on alun perin suunniteltu. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi varastotiloja on saatettu ottaa oleskelutiloiksi, tiloissa on runsaasti tavaraa ja tilat ovat usein myös heikosti siivottavat. Kyselyssä tämä tekijä haluttiin ottaa huomi-oon, mutta jälkikäteen tehtävässä tarkastelussa havaittiin kysymyksen vastaus-vaihtoehtojen olevan huonot laskentaa ajatellen ja tämä jätettiin pois lasken-nasta.

Kyselyssä oli mukana myös kysymys halkeamista. Tämä ei ole itsessään haitta-tekijä, mutta mikäli halkeamia on merkittävän paljon, kuvaa se rakennuksen kuntoa ja tästä syystä se haluttiin ottaa mukaan kyselyyn. Jälkikäteen tehtävässä tarkastelussa kysymystä ei pidetty erityisen hyvänä ja tämä jätettiin pois laskennasta.

## 7 KYSELYN TESTAUS

### 7.1 Testausmenetelmä

Kyselyn tulosten tulisi korreloida rakennuksesta tehtyjen tutkimustulosten ja muiden havaintojen kanssa. Tästä johtuen testikohteiksi haluttiin erityisesti terveitä eli vaurioitumattomia rakennuksia ja selvästi vaurioituneita. Kohteiden tuli edustaa kahta eri ääripäätä (vaurioituneet ja vaurioitumattomat). Kohteet valittiin olemassa olevan tiedon perusteella seuraavin kriteerein:

Vaurioituneet rakennukset: Tähän ryhmään valittiin sellaisia rakennuksia, jotka ovat Espoon kaupungin (2013) Tilakeskus-liikelaitoksen (1.1.2016 alkaen Tilapalvelut-liikelaitos) tekemän Peruskorjaushankkeiden priorisointi -listalla ja yhteispistemäärä sisäilman ja teknisen kunnon osalta on korkeahko. Lisäksi kohteen tuli olla Tilakeskus-liikelaitoksen sisäilma-asiantuntijoiden tutkimuslistalla (syksy 2014) ja kohteissa tiedettiin olevan rakennuksesta johtuvia sisäilmaongelmia.

Vaurioitumattomat kohteet: Tähän ryhmään valittiin sellaisia rakennuksia, jotka eivät ole Espoon kaupungin Tilakeskus-liikelaitoksen tekemän Peruskorjaushankkeiden priorisointi -listalla (päivitys 2013). Kohde ei myöskään saanut olla Tilakeskuksen sisäilma-asiantuntijoiden tutkimuslistalla (syksy 2014) eikä muun tiedon perusteella ollut syytä epäillä rakennuksessa olevan sisäilmaongelmia.

Kyselyn tulosten pohjalta kullekin rakennukselle lasketaan rakennuksen terveellisyyttä kuvaava lukuarvo. Lukuarvon tulisi olla sitä suurempi, mitä sisäilmaongelmaisesta rakennuksesta on kyse. Jotta kysely laskentamenetelmineen voisi toimia priorisoinnissa, sen tulisi kyetä erottelamaan vaurioituneet kohteet vaurioitumattomista.

## 7.2 Testikohteet

Aineistoksi valittiin 20 koulua harkinnanvaraista otantaa käyttäen niin, että kymmenen kohdetta edustaa terveitä, vaurioitumattomia rakennuksia ja toiset kymmenen kohdetta edustaa selvästi vaurioituneita rakennuksia.

Rakennusta koskevat tiedot hankittiin ensisijaisesti Espoon kaupungin Tilakeskus-liikelaitoksen ja Espoo Kiinteistöpalvelut -liikelaitoksen käyttämistä kohdetta koskevista tietojärjestelmistä ja arkistoista.

Kyselyyn näistä 20 kohteesta osallistui yhteensä 17 kohdetta. Näistä 15 kohdetta päädyttiin valitsemaan tulosten perusteella jatkokäsittelyyn ja nämä kohteet on lyhyesti esitelty taulukossa 3. Vaurioituneet kohteet on merkitty 1A...8A ja vaurioitumattomat 1B...7B.

Tässä ei ole tarkoituksena tuoda esille pitkiä listoja kaikista yksittäisistä puutteista vaan pikemminkin havainnollistaa sitä, että vaurioituneissa kohteissa on tutkimuksin tai muutoin voitu osoittaa olevan selkeitä puutteita. Kyselyn toteutusajan kohtaan mennessä vaurioitumattomissa rakennuksissa ei ole tehty sisäilmatutkimuksia.

Taulukko 3. Testikohteet.

Kohde	Rakennus/peruskorjausvuosi	Tietoa kohteesta
1A	Rakennusvuosi 1961 Peruskorjaus/parannus 1999	Sisäilmatutkimuksissa todettu: *IV vastasi pääsääntöisesti suunnitteluarvoja *alapohjassa ja alaseinissä kosteus- ja homevaurioita *Mineraalikuituja *lämpötilapoikkeamia *tiloissa suunniteltua enemmän henkilöitä
2A	Rakennusvuosi 1962 Peruskorjaus/parannus 1990	Kohteessa ei ole tehty varsinaisia sisäilmatutkimuksia viime vuosien aikana. Terveysturvaviranomainen on tehnyt tarkastuksen v. 2014 ja tarkastuksessa tehtiin seuraavia havaintoja:

		<ul style="list-style-type: none"> <li>*Ilmanvaihdossa puutteita</li> <li>*IV/patterimelua</li> <li>*Lämpötilaongelmia</li> <li>*Viemärinhajua</li> <li>*Mikrobiperäistä hajua</li> <li>*Vesivuotojälkiä</li> <li>*Tilanahtautta</li> </ul>
3A	Rakennusvuosi 1938, laajennus 1985	<p>Kohteessa ei ole tehty varsinaisia sisäilmatutkimuksia viime vuosien aikana. Espoo Kiinteistöpalvelut –liikelaitos on tehnyt tarkastuksen v. 2014 sisäilmaongelma-epäilyn johdosta ja tarkastuksessa tehtiin seuraavia havaintoja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Lämpötilaongelmia</li> <li>*Ilmanvaihdossa puutteita</li> <li>*Kosteusvauriojälkiä</li> <li>*Kemikaalimaista hajua yhdessä tilassa</li> </ul>
4A	Rakennusvuosi 1991	<p>Sisäilmatutkimuksissa todettu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Useita kattovuotoja</li> <li>*Alapohjassa ja ulkoseinien alaosissa kosteus- ja homevaurioita</li> <li>*Lämpötilaongelmia</li> <li>*Ilmanvaihdossa puutteita</li> </ul>
5A	Rakennusvuosi 1991	<p>Sisäilmatutkimuksissa todettu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Ilmanvaihdossa puutteita</li> <li>*Mineraalikuituja</li> <li>*Kosteus- ja mikrobivaurioita</li> <li>*Viemärinhajua</li> <li>*Lämpötilaongelmia</li> </ul>
6A	Rakennusvuosi 1956 Peruskorjaus/parannus 1986	<p>Sisäilmatutkimuksissa todettu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Ilmanvaihdollisia puutteita</li> <li>*poikkeavaa hajua (home, materiaalit)</li> <li>*paikoitellen kosteus- ja homevaurioita</li> <li>*lämpötilaongelmia</li> </ul>

7A	Rakennusvuosi 1985	Koulua on tutkittu kosteus- ja homevaurioepäilyjen takia useita kertoja vuodesta 1999 lähtien. Kohteessa ei ole tehty varsinaisia sisäilmatutkimuksia viime vuosien aikana. Espoo Kiinteistöpalvelut –liikelaitos on tehnyt tarkastuksen v. 2012 sisäilmaongelmaepäilyn johdosta, mutta tarkastusmuistiossa ei ole merkintöjä sisäilmaongelmiin viittaavista ongelmista, muutoin kuin maininta vanhoista vesivuodoista.
8A	Rakennusvuosi 1986	Sisäilmatutkimuksissa todettu: *Ulkoseinä- ja alapohjarakenteissa kosteus- ja homevaurioita *Ilmanvaihdossa puutteita * Mahdollisesti mineraalikuituja
1B	Rakennusvuosi 2009	Ei tiedossa olevia havaintoja sisäilmaan liittyvistä puutteista.
2B	Rakennusvuosi 1957 Peruskorjaus/parannus 2006	Kohteessa ei ole tehty varsinaisia sisäilmatutkimuksia viime vuosien aikana. Vuonna 2013 on tehty terveydensuojeluviranomaisen tarkastus. Tällöin käyttäjät ovat olleet tyytyväisiä sisäilman laatuun. Tarkastuksella tuli esille ilmanvaihdon hiilidioksidiantureihin liittyvä ongelma joissakin luokissa. Yhdessä tilassa oli havaittu kattovuodon aiheuttama vuotojälki. Muutoin tiloissa ei havaittu sisäilmaan liittyviä puutteita.
3B	Rakennusvuosi 1989	Ei tiedossa olevia havaintoja sisäilmaan liittyvistä puutteista.
4B	Rakennusvuosi 2001-2003	Kohteessa ei ole tehty varsinaisia sisäilmatutkimuksia viime vuosien aikana. Vuonna 2014 on tehty terveydensuojeluviranomaisen tarkastus. Tarkastuskertomuksessa ei ole merkintöjä käyttäjien oireilusta. Tarkastuksella havaittu yhdessä kohtaa mikrobiperäistä hajua ja valumajälkiä (paikallinen ongelma). Muutoin tiloissa ei havaittu sisäilmaan liittyviä puutteita.

5B	Rakennusvuosi 2007	Ei tiedossa olevia havaintoja sisäilmaan liittyvistä puutteista.
6B	Rakennusvuosi 1983 Peruskorjaus/parannus 2009	Ei tiedossa olevia havaintoja sisäilmaan liittyvistä puutteista.
7B	Rakennusvuosi 2012	Ei tiedossa olevia havaintoja sisäilmaan liittyvistä puutteista.

### 7.3 Käytännön toteutus ja aineiston käyttökelpoisuuden arvioiminen

Kohteiden henkilökunnan yhteystiedot (sähköpostiosoitteet) hankittiin lähettämällä koulusihteereille pyyntö toimittaa opetushenkilökunnan ja heitä vastaavien henkilöiden (esim. koulusihteerit, terveydenhoitajat, psykologit) sähköpostiosoitteet. Pääasiassa tiedot saatiin koulusihteereiltä, mutta osa neuvoi hakemaan tiedot koulun nettisivuilta.

Kysely oli alun perin tarkoitus toteuttaa kokonaan marraskuussa, mutta kyselyn tekeminen viivästyi parilla viikolla ja kysely lähetettiin vastaanottajille ensimmäisen kerran 30.11.2014. Kysely lähetettiin yhteensä 681 työntekijälle. Saateviesti on esitetty liitteessä 3. Kyselyn toteutusajankohta oli varsin huono, sillä kouluissa loppuvuosi on perinteisesti kouluissa hyvin kiireistä aikaa. Kysely päätettiin kuitenkin toteuttaa tuolloin aikataulullisista syistä. Osa rehtoreista toivoi, että kyselyyn voisi vastata vielä vuodenvaihteen jälkeenkin ja kysely oli loppujen lopuksi avoinna 3.2.2015 asti.

Ensimmäinen muistutus kyselyyn vastaamisesta lähetettiin 7.12.2014 (liite 4). Toinen muistutus lähetettiin 15.1.2015 (liite 5). Yhden koulun osalta kysely toteutettiin 27.1 - 13.2.2015 välisenä aikana tarkoituksena nähdä, mikä merkitys ajankohdalla on vastausprosenttiin.



Kysely lähetettiin käyttäjien henkilökohtaisiin työsähköposteihin Webropol-kyselytyökalun kautta. Kyselyn sai yhteensä 20 koulun henkilökunta ja näistä 17 kohteen henkilökunta osallistui kyselyyn.

Kyselyn sulkemisen jälkeen vastaukset käytiin läpi ja arvioitiin tulosten käyttökelpoisuutta. Näistä kaksi kohdetta jätettiin pois varsinaisesta testauksesta. Toinen kohteista oli se, johon kysely lähetettiin ensimmäisen kerran 27.1 ja toinen kohde oli sellainen, jossa henkilökunta työskenteli kahdessa eri rakennuksessa eikä laaditun kyselyn arvioitu soveltunut tällaiseen tilanteeseen erityisen hyvin.

## 8 LASKENTAMENETELMÄN LUOMINEN

### 8.1 Laskentamenetelmän tavoitteet

Laskentamenetelmän tavoitteena on **tuottaa yksi rakennuskohtainen, rakennuksen terveellisyyttä kuvaava lukuarvo**.

Sisäilmaongelmia ratkaistaessa on tärkeää kyetä poimimaan pahimmat sisäilma-ongelmakohteet kaikista valituskohteista. Tämä tarkoittaa sitä, että kohteita ei tarvitse kyetä laittamaan jonoon, jossa toisessa päässä on pienimmän luvun saanut kohde ja toisessa päässä suurimman luvun kohde. Olennaista on kyetä erottelemaan pahimmat kohteet koko joukosta eli tällöin riittää, kun kohteet voidaan jakaa esimerkiksi kolmeen eri luokkaan.

Työn tavoitteena on laatia nopea menetelmä, joten laskenta on kyettävä toteuttamaan tavalla, että se vie mahdollisimman vähän aikaa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laskennan on oltava mahdollisimman pitkälle automatisoitu.

### 8.2 Vastausten painoarvottaminen

Kyselyssä kysymykset edustavat eri häirtatekijöitä tai muita merkityksellisiä tekijöitä. On selvää, että tekijät eivät ole samanarvoisia, joten vastausten laskeminen yhteen sellaisenaan antaisi virheellisen kuvan rakennuksen terveellisyydestä.

Vastauksia onkin painotettava niin, että suurimman painoarvon saavat ne vastaukset, jotka liittyvät haitallisimpien häirtatekijöiden olemassaoloon. Lisäksi painoarvoa on tarkoituksenmukaista antaa myös niille vastauksille, joissa vastaaja on kokenut merkittävää haittaa.

Painoarvottamisessa on hyödynnetty taulukossa 4 esitettyä kolmiportaisen riskinarvioinnin ajatusta.

Taulukko 4. Standardin BS8800 mukainen riskitaulukko (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö 2015, 28).

	Seuraukset		
Todennäköisyys	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
Epätodennäköinen	1 Merkityksetön riski	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski
Mahdollinen	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski
Todennäköinen	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietämätön riski

Kussakin kysymyksessä oli kyllä-vastauksen jatkokysymyksenä kolme vaihtoehtoa siitä, miten vastaaja kokee haittatekijän esiintymisen. Vastaaja on voinut tehdä havaintoja olosuhteista, mutta ei kuitenkaan koe niiden haittaavan hänen oleskeluaan tiloissa. Tällainen voisi olla esimerkiksi tilanne, jossa alaslasketussa katossa on pienen putkivuodon aiheuttama vesivuotojälki. Vuoto on korjattu eikä pinnoille ole ehtinyt kasvamaan mikrobeja. Henkilöllä ei ole oireilua ja on kokenut voivansa ihan hyvin työskennellessään tilassa.

Toisaalta jos vesivuotojäljen taustalla onkin merkittävä mikrobivaurio, on mahdollista, että työntekijä oireilee ko. tilassa ja näin ollen kokee myös jäljen haittaavan merkittävästi työskentelyä. Olennaisinta ei ole tässä vaiheessa se, onko jäljellä ja mahdollisella oireilulla tosiasiallista yhteyttä toisiinsa, vaan olennaista on se, että jälki ja mahdollinen oireilu yhdessä lisäävät kuitenkin merkittävän mikrobivaurion todennäköisyyttä ja mahdollisen vaurion olemassaolo on syytä selvittää viipymättä. Pääajatus on se, että mitä suurempi joukko henkilöitä kokee jonkin olosuhteisiin liittyvän havainnon aiheuttavan merkittävää haittaa, sitä todennäköisemmin ko. terveyshaittatekijä rakennuksessa esiintyy.

Haittatekijän olemassaolon todennäköisyys muodostuu siis siitä, miten merkittävästi poikkeaman olemassaolo haittaa työskentelyä. Liitteestä 6 käy tarkemmin ilmi se, miten terveyshaittatekijän esiintymistodennäköisyyksiä on painotettu.

Laskennassa arvioidaan kunkin haittatekijän seurauksia ja painotetaan haittatekijöitä riippuen niiden aiheuttamien terveysvaikutusten vakavuudesta. Merkittävien terveysvaikutusten tunnistamiseksi muun muassa sosiaali- ja terveysministeriön oppaassa (STM 1999, 19) on määritelty yleisiä tunnistamisperusteita:

- Terveysvaikutuksen vakavuusaste (kuolema, vamma, epidemian uhka, sairaus, taudin oireet, unihäiriöt,...)
- Terveysvaikutuksen vaihtelu ajan mukaan (tunti-, vuorokausi-, ja vuoden-aikavaihtelu)
- Terveysvaikutuksen kesto (pysyvä, vuosia, kuukausia, ...)
- Terveysvaikutuksen kohdistuminen erityisryhmiin (lapset, vanhukset, sairaat, eri altisteille herkistyneet yksilöt,...)
- Altistustapa (ihon kautta, hengitettynä, nieltynä, aistinelinten kautta)
- altistuvien ihmisten lukumäärä (yksi henkilö ... koko alueen väestö)

Vastaavia kriteerejä on esitetty Sosiaali- ja terveysministeriön Riskien arviointi työpaikalla -työkirjassa (2015, 27). Näitä ovat haitan luonne (lievä/vakava), seurausten laajuus (montako henkilöä koskee), haitan palautuvuus/palautumattomuus ja haitallisten vaikutusten kesto (lyhytkestoinen/pitkäkestoinen).

Tässä työssä käytetyt seurausten haitallisuutta kuvaavat kriteerit on esitetty liitteessä 7.

Kullakin terveyshaittatekijällä on erilainen terveydellinen merkitys ja se riippuu siitä, miten vakavia seurauksia sillä on. Seuraavaksi kunkin terveyshaittatekijän seurauksia on arvioitu edellä esitettyjen kriteerien pohjalta. Arviointi perustuu terveysvaikutuksiin, jotka on esitetty kunkin haittatekijän osalta luvussa 5.

### **Terveyshaittatekijöiden seuraukset**

**Ilmanvaihto:** Jos rakennuksessa ei ole puutteita (poikkeamia) muissa terveyshaittatekijöissä, aiheutuneet haitat voidaan arvioida vähäisiksi. Ilmanvaihdolla on kuitenkin olennainen rooli sisäilmaongelmissa ja siinä esiintyvät puutteet voivat merkittäväällä tavalla edesauttaa terveydellisten haittojen esiintymistä ja tästä

syystä ilmanvaihdon voidaan todeta kokonaisuutena aiheuttavan vakavia seurauksia.

**Lämpötila:** Puutteet ovat useimmiten melko pieniä ja mikäli näitä pienempiä puutteita esiintyy, seuraukset terveydelle tällöin ovat vähäiset, pääasiassa viihtyvyyshaittoja ja tuottavuutta laskevia.

**Ilmankosteus:** Suomessa erityisesti talvipakkasilla sisäilma on kuivaa ja ilman suhteellinen kosteus voi laskea jopa alle 10 %. Kuivan sisäilman aiheuttamat haitat terveydelle ovat pääasiassa lyhytkestoisia ja ohimeneviä. Näin ollen haitat voidaan arvioida vähäisiksi.

**Rakennekosteus:** Liiallinen rakennekosteus voi merkittäväällä tavalla edesauttaa vakavia terveysvaikutuksia aiheuttavien vaurioiden syntymistä ja tästä syystä rakennekosteuden voidaan kokonaisuutena todeta aiheuttavan vakavia seurauksia.

**Melu ja akustiikka:** Laitteiden aiheuttama melu on rakennuksissa sen verran alhainen, että kuulovaurioiden riskiä ei ole. Teknisten laitteiden aiheuttama melu aiheuttaa pääasiassa henkistä ärsytystä. Akustiset ongelmat aiheuttavat ongelmia äänen käytössä ja seurauksien voidaan katsoa olevan vähäisiä, sillä seuraukset yleensä poistuvat altistuksen päättyttyä.

**Valaistus:** Vääränlaisen valaistuksen aiheuttamat haitat voidaan arvioida lieviksi ja ohimeneviksi ja näin ollen huonon valaistuksen seuraukset voidaan arvioida vähäisiksi.

**Mikrobit:** Mikrobeilla voi olla vaikutusta hyvin monenlaisten oireiden synnyssä ja mikrobit voivat aiheuttaa myös pysyviä haittoja kuten astman. Näin ollen seurausten haitallisuus voidaan arvioida vakaviksi.

**Haihtuvat orgaaniset ja epäorgaaniset yhdisteet:** Sisäilmassa olevat haitalliset yhdisteet voivat aiheuttaa pysyviä (esim. astma) ja vakavia vaikutuksia (esim. syöpä), joten seuraukset arvioidaan kokonaisuutena vakaviksi.

**Viemärikaasut:** Viemärikaasut haisevat hyvin epämiellyttävälle ja haju ohjannee käyttäjät yleensä pois tiloista ennen kuin kaasuilla on merkittäviä terveysvaikutuksia. Vaikka viemärikaasut voivat joissakin tilanteissa olla kuolemanvakavia, niin ei-tuotannollisten tilojen sisäilmassa pitoisuudet ovat yleensä sen verran alhaisia, että ne eivät aiheuta merkittäviä terveysvaikutuksia ja seuraukset voidaan näin ollen arvioida vähäisiksi.

**Radon:** Keuhkosityövässä on kyse vakavasta sairaudesta, joten seuraukset voidaan tällä perusteella luokitella vakaviksi.

**Pöly:** Sisäilmassa voi olla monenlaisia pölyjä. Seurausten haitallisuus onkin täysin riippuvainen esiintyvistä pölyistä ja sen määrästä. Yleisesti ottaen sellaisia pölyjä, jotka voivat aiheuttaa merkittävää haittaa (kuten rakennuspölyt) sisäilmassa on yleensä vähän. Sen sijaan mineraalikuivia esiintyy hyvin usein sisätiloissa ja niiden aiheuttamat haitat voidaan luokitella haitallisiksi.

**Oireilu:** Oireilu ei ole terveyshaittatekijä, mutta oireilu saattaa joissakin tapauksissa olla ainoa indikaattori rakennuksessa olevista terveyshaittatekijöistä. Oireilu on näin ollen mukana laskennassa ja oireilun esiintymistä on tässä työssä verrattu vakaviin seurauksiin.

### 8.3 Laskentamenetelmän esittely

Laskentataulukko on kokonaisuutena esitetty liitteessä 8. Laskenta toteutetaan Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, johon kyselyn tulokset on mahdollista siirtää Webropol-kyselytyökalusta.

Kyselyn tulosten käytön kannalta on olennaista, että tulokset ovat käytettävässä muodossa. Tällä tarkoitetaan sitä, että vastaaja on vastannut jokaiseen kysymykseen. Mikäli vastaus puuttuu jostakin kysymyksestä, on arvioitava, voidaanko vastaajan vastaukset ottaa laskennassa huomioon. Tarvittaessa puuttuvat vastaukset on paikattava soveltuvalla menetelmällä.

Kysely pyrittiin laatimaan niin, että kaikki kysymykset olisivat vastaajalle helppoja ja näin ei olisi niin suurta merkitystä sillä, onko kysymykseen vastaaminen pakollista vai ei. Helppoon kysymykseen vastataan todennäköisemmin kuin vaikeaan kysymykseen. Webropol-kyselytyökalussa jatkokysymyksiä ei ollut mahdollista saada pakollisiksi, joten näissä esiintyi kuitenkin jonkin verran vastauskatoa.

Puuttuvien vastausten paikkaamiseen on olemassa erilaisia menetelmiä. Perinteinen tapa on sijoittaa puuttuvan tiedon paikalle vastanneiden keskiarvo (Pahkinen 2002, 185). Jatkokysymyksissä oli vain kolme vaihtoehtoa, joten puuttuvan tiedon paikkaus päädyttiin tekemään yksinkertaisella ja ennen kaikkea nopealla menetelmällä. Puuttuva vastaus paikattiin aina keskimmäisellä vastausvaihtoehdolla.

Lukuarvon laskenta on toteutettu erilaisilla laskentakaavoilla, joten laskenta on lähes automaattista lukuun ottamatta vastausten paikkausta ja yhtä vaihetta laskennassa (jäljet).

Kyselyssä oli kaiken kaikkiaan 39 kysymystä, joista lukuarvon laskennassa on huomioitu 20 kysymystä. Nämä 20 kysymystä ovat haittatekijöihin ja oireiluun suoraan liittyviä. Muut kysymykset ovat taustakysymyksiä tai tarkoitettu luotettavuuden arviointiin eikä niitä ole tarkoituksenmukaista huomioida lukuarvon laskennassa.

Kullekin laskennassa mukana olevalle kysymykselle on annettu painoarvo sen mukaan, mihin terveyshaittatekijään se liittyy. Kysymyskohtaiset painoarvot on esitetty liitteessä 9.

Hajut voivat liittyä useampaan haittatekijään ja tästä syystä kyselyssä oli erikseen kysymys poikkeavasta hajusta, koska välttämättä käyttäjä ei osaa kuvailla hajua vaan voi sen kuitenkin todeta olevan selvästi poikkeava.

Kysymykset olisi voitu muodostaa toisinkin ja on selvää, että tämä ei huomioi kaikkea. Kuten tässä työssä on aikaisemmissa luvuissa tuotu esille, pyrkimys ei ole absoluuttiseen totuuteen vaan erilaisten merkityksellisten havaintojen poh-

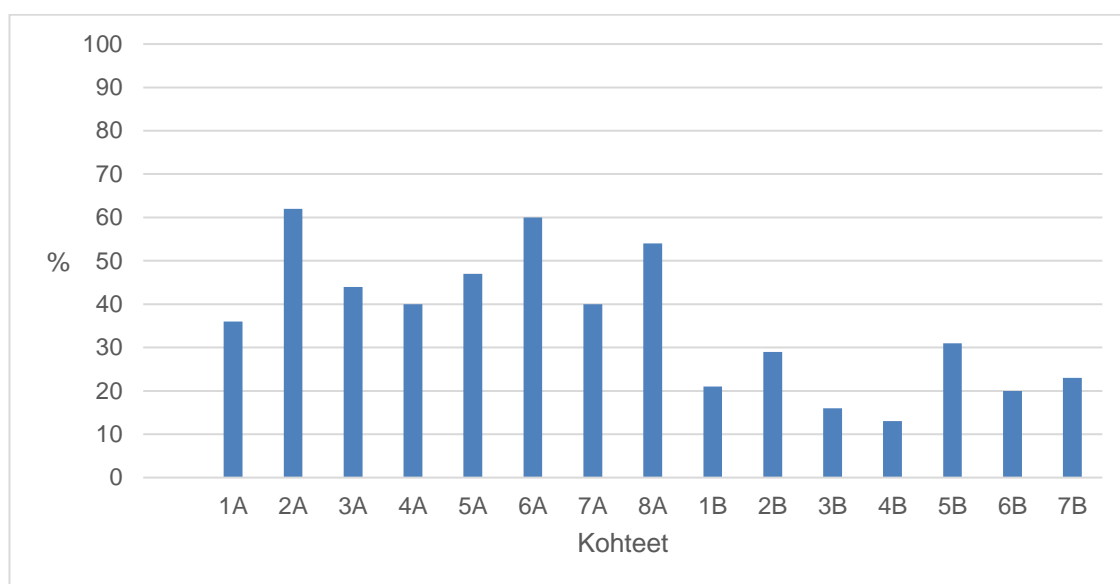
jalta saada kohteiden välille eroa painottaen merkittäviä terveyshaittoja aiheuttavia hättatekijöitä ja hättatekijöiden hättävyyttä tilojen käyttäjille. Olennaista on myös se, että tilojen käyttäjillä on tosiasialliset mahdollisuudet ja riittävä tietotaito tehdä kysymyksissä esitettyjä havaintoja. Perusajatus on se, että mitä enemmän ja mitä suurempia/vakavampia poikkeamia kohteessa on, sitä todennäköisemmin siellä on merkittäviä sisäilmaongelmia, joiden selvittäminen olisi hyvä aloittaa viipymättä.



## 9 KOHDEKOHTAISET TULOKSET

Vertailukelpoisen lukuarvon laskentaan valittiin 15 kohdetta ja kysely lähetettiin 575 työntekijälle, joista kyselyyn vastasi 201 henkilöä. Vastausaktiivisuus vaihteli 13 ja 62 prosentin välillä. Vastausprosentit kohteittain on esitetty kuviossa 1.

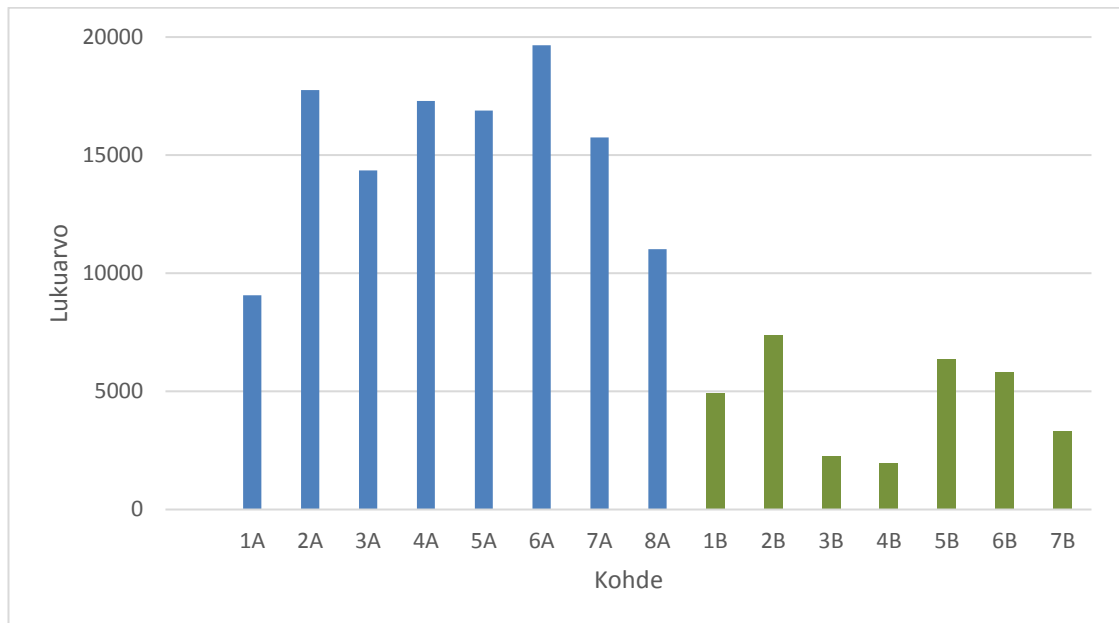
Kuvio 1. Vastausprosentit kohteittain.



Pistemäärän laskenta perustuu niihin vastauksiin, joissa vastaaja on kokenut jonkinasteista haittaa tai tehnyt havaintoja sisäilmaan vaikuttavia havaintoja työskentelytiloissaan. Tästä johtuen pistemäärä ei ole riippuvainen vastausprosentista vaan koettujen haittojen merkittävydestä. Näin ollen vastausprosentin perusteella ei tässä tapauksessa pysty suoraan tekemään sitä johtopäätöstä, että tulokset eivät voisi vastata todellisuutta. Kohdekohtaiset rakennuksen terveellisyttä kuvaavat lukuarvot on esitetty kuviossa 2.

Naisten osuus vastanneista oli vaurioituneissa kohteissa 87 % ja vaurioitumattomissa 85 %. Työhön erittäin tyytyväisten osuus (kysymys 29) oli molemmissa ryhmissä samaa tasoa (vaurioituneet 73 % ja ei-vaurioituneet 79 %).

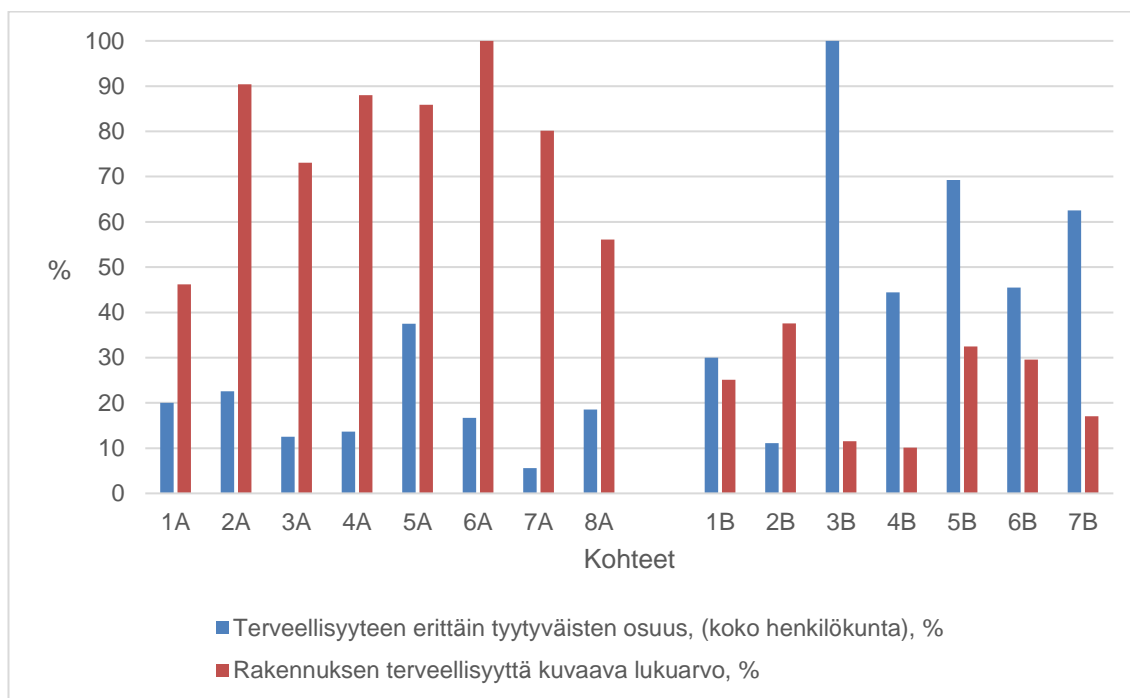
Kuvio 2. Kohdekohtaiset rakennuksen terveellisyttä kuvaavat lukuarvot.



Sen sijaan ryhmien välillä oli selkeä ero rakennuksen terveellisyydessä (kysymys 28), turvallisuudessa (kysymys 27) ja viihtyvyydessä (kysymys 26) kokonaisuutena. Vaurioituneiden rakennusten vastaajista erittäin tyytyväisten osuus oli 18 % (terveellisyys), 42 % (turvallisuus) ja 20 % (viihtyvyys), kun vastaavat luvut ei-vaurioituneissa oli 52 %, 83 % ja 55 %.

Jos tehdään oletamus, että vastaajien kokema tyytyväisyys rakennuksen terveellisyteen (kysymys 28) indikoi koko henkilökunnan tyytyväisyyttä, ja muunnetaan tulos vastaamaan koko henkilökuntaa, saadaan kuviossa 3 esitetty tulos. Kuviosta on selkeästi havaittavissa, että tyytyväisyys rakennuksen terveellisyteen on selvästi alhaisempi vaurioituneissa rakennuksissa. Kuviossa esitetty rakennuksen terveellisyttä kuvaava lukuarvo on muunnettu prosenteiksi niin, että korkein pistemäärä vastaa sataa prosenttia ja alhaisemmat pisteet on suhteutettu tähän.

Kuvio 3. Rakennuksen terveellisyys erittäin tyytyväisten osuus, kun tulos on muunnettu vastaamaan koko henkilökuntaa.



Nämä tulokset antavat viitteitä siitä, että vaurioituneissa kohteissa vastaajat selkeästi kokevat rakennuksessa olevan puutteita ja tämä näkyy myös hättatekijöitä koskevien kysymyksien vastauksissa.

Taulukkoon 5 on koottu kyselyn tulokset. Kukin kysymys on saanut painotusten jälkeen tietyn pistemäärän, jonka perusteella on arvioitu, miten merkityksellinen puute on terveyden kannalta. Kyselyssä esille tulleet puutteet on esitetty taulukossa 5 sekä värikoodein että numeroin seuraavasti:

Kysymyskohtainen pistemäärä 0	0	Hättatekijää ei esiinny
Kysymyskohtainen pistemäärä alle 500	1	Hättatekijän merkitys vähäinen
Kysymyskohtainen pistemäärä yli 500 - 1500	2	Hättatekijän merkitys lievä
Kysymyskohtainen pistemäärä yli 1500 - 2500	3	Hättatekijän merkitys kohtuullinen
Kysymyskohtainen pistemäärä yli 2500	4	Hättatekijän merkitys merkittävä

Kohdekohtaiset tulokset on esitetty kuvioina liitteessä 10 ja kohdekohtaiset las-  
kentataulukot on esitetty liitteessä 11.

Taulukko 5. Kyselyn tulokset.

kohde	ilmanvaihto	lämpöolot	ilman kosteus	poikkeava haju	pistävä haju	mullan (homeen) haju	viemärinhaju	pöly tasopinnoilla	vesivuotojälkiä/pinnan kupruilua	melu	akustiikka	valaistus	oireilu	Laskennasta saatu luku-arvo
1A	4	1	1	2	1	1	1	2	0	1	1	1	2	9071
2A	4	1	1	4	2	1	2	2	1	1	1	1	4	17760
3A	4	2	1	2	2	2	1	2	1	1	0	1	3	14361
4A	4	1	1	3	2	1	1	2	2	1	1	1	3	17291
5A	4	2	2	3	0	0	2	3	0	2	1	1	4	16882
6A	4	2	2	4	2	1	1	2	1	1	0	1	3	19650
7A	4	1	1	3	2	2	1	2	3	1	1	1	3	15756
8A	4	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	11020
1B	2	1	1	2	2	0	1	1	0	1	1	1	1	4938
2B	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	2	7387
3B	2	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2263
4B	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1985
5B	2	1	1	2	2	1	1	2	0	1	1	1	2	6381
6B	2	1	1	2	1	1	1	2	1	0	1	1	2	5815
7B	2	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	3343

Tuloksista on havaittavissa, että vaurioituneissa kohteissa käyttäjät ovat kokee-neet puutteita useissa eri hättatekijöissä, kun taas vaurioitumattomissa hättate-kijöitä on koettu esiintyvän vähemmän ja myös lievempänä.

Tuloksissa ilmanvaihtoon liittyvät puutteet nousevat järjestelmällisesti esille ja tämä tulos vastaa hyvin käytännössä havaittuja huomioita siitä, että tutkimuk-sissa ilmanvaihto todetaan usein puutteelliseksi (ei vastaa suunnittelu-arvoja) tai tiloissa on liikaa henkilöitä suunniteltuun nähden.

Hajuongelmia esiintyy myös useissa kohteissa ja ilmanvaihdolliset puutteet to-dennäköisesti selittävät ainakin osan hajuongelmista. Uudemmissa kohteissa materiaaalipäästöt voivat myös olla syynä.

Käyttäjät kokevat usein myös, että tiloissa esiintyy silmin havaittavaa pölyä tasopinnoilla. Myös tähän ilmanvaihdolla on osuutensa, mutta myös siivottavuudella ja siivouksen tasolla. Kohteessa 6B siivottavuus oli saatujen tietojen perusteella erityisen hyvällä tasolla ja tämä voi osittain selittää sitä, että tässä kohteessa ei ole koettu pölyongelmaa.

Vaurioituneista kohteista 1A on ainoa kohde, jossa tutkimuksissa ilmanvaihdon oli todettu vastaavan suunnitteluarvoja. Kohteessa todettiin kuitenkin olevan suunniteltua enemmän yhtäaikaista tilojen käyttäjiä, joten tämä voi selittää käyttäjien kokemaa huonoa ilmanvaihtoa. Tasapainossa (ulko- ja sisäilman paine-ero pieni) oleva ilmanvaihto vähentää epäpuhtauksien kulkeutumista rakenteista ja tämä voi osaltaan selittää sitä, miksi tässä kohteessa oli kokonaisuutena pienimmät pisteet vaurioitumattomista kohteista.

Osassa vaurioituneissa kohteissa oli sisäilmatutkimukset käynnissä kyselyn toteuttamisen aikaan, mutta missään kohteessa tutkimustulokset eivät olleet käytävissä kyselyn toteutuksen aikana. Tietoisuus siitä, että kohteessa tehdään tutkimuksia, on saattanut vaikuttaa vastausaktiivisuuteen ja tekemään tarkempia havaintoja ympäristöstä. Tulosten perusteella ei ole kuitenkaan havaittavissa, että tällaisissa kohteissa pisteet olisivat järjestelmällisesti korkeammat, joten tämän ei ole arvioitu vaikuttavan merkittävästi vastaajien vastauksiin.

## 10 TAVOITTEIDEN TOTEUTUMISEN ARVIOIMINEN

Tämän työn keskeisimpiä tavoitteita oli laatia kysely, joka mittaa rakennuksen terveellisyyttä. Lisäksi olennaisena pidettiin sitä, että kyselyn tulosten perusteella voidaan laskea vertailukelpoinen, rakennuksen terveellisyyttä kuvaava lukuarvo. Tavoitteeksi asetettiin myös, että kyselyn toteuttamisen ja lukuarvon määrittämisen tulisi olla nopeaa ja edullista, jotta näistä voisi muodostua käyttökelpoinen priorisointimenetelmä sisäilmaongelmien ratkaisuprosessissa.

### 10.1 Soveltuvuus sisäilmaongelmaisten rakennusten priorisointiin

Kohteita pisteiden laskennassa oli mukana kaikkiaan 15 ja ne valittiin harkinnanvaraista otantaa käyttäen. Kohteiden valitseminen on yksi ensimmäisistä merkittävistä tulosten luotettavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Tässä tapauksessa kyseessä voidaan katsoa olevan kaksi perusjoukkoa – vaurioituneet koulurakennukset ja vaurioitumattomat koulurakennukset. Mikäli työhön valitut kohteet valitaan huolella, ne edustavat parhaassa tapauksessa hyvin perusjoukkoja (Taanila 2014).

Testattaville kohteille asetettiin kriteerit, jotka niiden tuli täyttää. Valinta perustui sisäilmatutkimusten tuloksiin sekä muuhun saatavilla olevaan tietoon. Valinnassa korostui myös merkittävästi hiljainen tieto, jota on mahdotonta tuoda julki eli näkyväksi. Tämä hiljainen tieto koostuu muun muassa kollegojen ja tilojen käyttäjien välisistä keskusteluista, joita on vaikea todentaa ja esittää kirjallisesti. Kohteiden arvioidaan edustavan hyvin valittuja perusjoukkoja, vaikkei tässä raportissa ole tuotu esille yksityiskohtaisia tietoja kohteista.

Mittaako kysely sitä, mitä sen halutaan mittaavan, riippuu ensisijaisesti laadituista kysymyksistä. Tässä työssä kysymysten laatimiseen perehdyttiin syvällisesti ja pyrittiin huomiomaan kirjallisuudessa esitettyjä näkökohtia mahdollisimman hyvin. Vastaajia pyydettiin antamaan kyselystä palautetta ja se oli pääasiassa erittäin positiivista. Useat olivat pitäneet kyselyä selkeänä ja siihen oli ollut helppo vastata.

Mikäli kaikki kyselyn saaneet vastaavat kyselyyn, niin teorian valossa menetelmän pitäisi kohtuullisen hyvin mitata rakennuksen terveellisyyttä. Menetelmä huomioi sekä laajuutta että vakavuutta. Ajatuksena on se, että mitä enemmän käyttäjä tekee erilaisia poikkeavia havaintoja tiloissa, sitä todennäköisemmin tiloissa esiintyy erilaisia terveyshaittatekijöitä. Koska haittatekijöillä on erilainen merkitys ihmisen terveydelle, on haittatekijöiden painotuksilla saatu tämä näkökohta huomioitua.

Espoossa laadittiin opinnäytetyössä käytetystä kyselystä lyhennetty ja hieman muokattu versio, joka kohteen henkilökunnan tuli täyttää esimiehen johdolla, mikäli kohteessa epäiltiin sisäilmaongelmia. Muutamasta kymmenestä kohteesta kerätyt tiedot osoittautuivat erittäin informatiivisiksi ja niiden pohjalta oli selkeästi havaittavissa, minkälaisesta ongelmasta kohteessa mahdollisesti on kyse. Kysely ei sisältänyt lukuarvon laskentaa, mutta kyselyn tulokset helpottivat joka tapauksessa merkittävästi kiireellisuuden arviointia. Tämä tukee sitä ajatusta, että henkilökunta tilojen käyttäjänä tekee kohteissa jatkuvasti merkityksellisiä havaintoja tilojen olosuhteista sekä rakennuksen kunnosta, ja näitä havaintoja on järkevä hyödyntää ongelman selvittelyprosessissa.

Tulokset antoivat selvän viitteen siitä, että menetelmää on mahdollista käyttää kohteiden priorisointiin. Menetelmä jakoi testattavat kohteet selkeästi halutulla tavalla vaurioituneisiin ja vaurioitumattomiin. Tehdyn testin perusteella tulos oli siis varsin positiivinen ja vastaa hyvin pitkälle myös sitä käsitystä (hiljaista tietoa), mikä itselleni on kohteista muodostunut työssäni. Näiden perusteella menetelmä näyttäisi soveltuvan vähintäänkin karkeaan priorisointiin.

Aineiston pienuudesta johtuen on tärkeää peilata laskettua lukuarvoa kysymyskohtaisiin vastauksiin ja erityisesti myös avointen kysymysten vastauksiin. Tällöin on mahdollista arvioida tulosten luotettavuutta ja huomioida mahdolliset tuloksista tehdyt poikkeavat havainnot lopullisessa arviossa.

Aineisto oli pieni ja vastausprosentit jäivät alhaisiksi, joten on selvää, että menetelmän luotettavuus herättää kysymyksiä. Kysely toteutettiin koulujen työntekijöi-

den näkökulmasta katsottuna erittäin kiireiseen aikaan, jonka johdosta on hyvin-kin saatettu jättää vastaamatta. Jälkeenpäin tarkasteltuna ensimmäinen saate-  
viesti ja muistutukset eivät olleet erityisen houkuttelevia ja selkeitä ja ovat näin  
voineet vaikuttaa myös vastausaktiivisuuteen.

Alhainen vastausprosentti itsessään ei tarkoita kuitenkaan sitä, että tulokset oli-  
sivat epäluotettavia. Kuten luvussa 6.1 (Hyvän kyselyn elementit) tuotiin esille,  
ihmiset osallistuvat mieluiten kyselyihin, jonka aihe on itselle merkityksellinen. On  
hyvin mahdollista, että pieni vastausprosentti kertoo siitä, että ihmiset eivät koe  
tiloissa olevan ongelmia ja eivät tästä syystä vaivaudu vastaamaan. Kysely on  
joka tapauksessa rakennettu niin, että olennaista on se, että ne työntekijät vas-  
taavat, jotka kokevat tiloissa olevan ongelmia tai ovat tehneet erityisiä havaintoja.  
Jos aikaa olisi ollut, niin tätä olisi voinut selvittää tarkemmin tässä työssä.

Kyselyssä jokainen vastaaja arvioi ensisijaisesti vain omaa työtilaansa ja mitä  
useampi henkilö kokee haittaa tai on tehnyt havaintoja omassa työtilassaan, saa-  
daan tätä kautta selville ongelmien laajuutta. Tämä kuitenkin rajoittaa kyselyn  
käyttöä. Se ei sovellu sellaisiin kohteisiin, joissa työntekijöillä ei ole pääasiallista  
työpistettä. Yhtä lailla esimerkiksi kouluja ja päiväkoteja ei voitane priorisoida yh-  
tenä ryhmänä, vaan ne on priorisoitava eri ryhminä. Eli näistä syntyy kaksi eri  
priorisointilistaa ja tämä hidastaa kohteiden priorisointia.

Tuloksiin voi aiheutua virhettä eri syistä ja kokonaan virhettä on mahdotonta eli-  
minoida pois. Koska menetelmällä on tarkoitus luokitella rakennuksia, ei kaikilla  
virheillä ole niin suurta merkitystä. Voidaan myös olettaa, että todennäköisesti  
kaikissa kohteissa esiintyy samanlaista virhettä ja jokseenkin saman suuruisena,  
kuten esimerkiksi vastaajat vastaavat keskimäärin yhtä rehellisesti, kysymykset  
ymmärretään keskimäärin yhtä hyvin, vastauksia kirjataan keskimäärin yhtä  
usein väärin tai vastaajissa on keskimäärin yhtä paljon astmaatikkoja. Tätä voi-  
daan perustella osittain sillä, että vastaajajoukko on kohteissa varsin homogee-  
ninen eli esimerkiksi jos kouluissa vastaajajoukko on samantyyppinen (esim. so-  
sioekonominen asema).



## 10.2 Menetelmän vaatima aika ja kustannukset

Opinnäytetyössä asetettiin vaatimukseksi, että kysely ja lukuarvon laskenta voidaan toteuttaa nopeasti ja edullisesti. Liitteeseen 12 on koottu käytetty aika kussakin vaiheessa alkaen kohteen yhteystietojen hankkimisesta ja päättyen laskettuun lukuarvoon. Tähän meni arviolta aikaa 3h 15 min - 4 h kohdetta kohden. Tähän voidaan lisäksi lisätä aika, joka kuluu tilauksen vastaanottamiseen ja tilauksen tarkistamiseen, tulosten perusteella kirjoitettavaan lausuntoon sekä laskutukseen. Kokonaisajaksi muodostuu näin ollen arviolta 5–6 tuntia. Tämä on se aika, joka kuluu tilauksen vastaanottajalta.

Kustannukset on arvioitu niin, että kyselyn toteuttamiseen ja lukuarvon määrittämiseen vaadittu tuntimäärä kerrotaan tunti hinnalla 80 €/h (alv 0 %). Tuntihinta on sisäilmakonsulttipalveluiden asiantuntijan keskimääräistä hintatasoa (perustuu tarjouksissa esitettyihin hintoihin v. 2013). Tähän hintaan katsotaan sisältyvän kaikki liiketoiminnasta aiheutuvat kulut.

Tilauksekustannuksiksi muodostuu n. 450–530 euroa (ALV 0%). Tämän voidaan todeta täyttävän asetetun vaatimuksen, jonka mukaan suorat tilauksekustannukset saisivat olla maksimissaan noin 500 euroa.

Tilaajalta menetelmä edellyttää minimissään sitä, että tilaaja sopii kyselyn tekemisestä kohteen edustajan kanssa ja toimittaa kohteen yhteyshenkilön tiedot tilauksen vastaanottajalle. Tilaajan tehtäväksi jää luonnollisesti myös lopulliseen lausuntoon perehtyminen ja laskun hyväksyminen. Näihin tehtäviin on arvioitu kuluvan aikaa noin 1 h 35 min. Tämän voidaan todeta täyttävän asetetun vaatimuksen, jonka mukaan yhden rakennuksen priorisointiin saisi mennä maksimissaan aikaa noin 2 tuntia.

## 11 JATKOKEHITTÄMISTARPEET

Tässä opinnäytetyössä oli kyse pienestä aineistosta ja menetelmän olennaisena kehittämistarpeena onkin luotettavuuden testaamisen jatkaminen. Testaaminen olisi hyvä toteuttaa niin, että ennalta valituissa kohteissa tehdään ensin kysely ja sen jälkeen ennalta määritetyt kattavat sisäilmatutkimukset. Etukäteen tulisi myös määritellä, miten tutkimustulosten perusteella kohteet voidaan priorisoida terveellisyyden mukaan.

Testaaminen antaisi myös arvokasta tietoa siinä mielessä, että näiden pohjalta voitaisiin mahdollisesti määritellä lukuarvo, jonka ylittyessä olisi syytä harkita toiminnan siirtämistä väistötiloihin.

Kyselyn kehittämistä on hyvä jatkaa myös niin, että se soveltuisi kaikenlaisiin kohteisiin ja tätä kirjoittaessa kehittämistyö on tältä osin jo käynnissä.

Vastausprosentin merkitystä olisi hyödyllistä arvioida jatkotutkimuksilla. Kyselyyn voisi olla hyvä yhdistää esimerkiksi työntekijöiden haastattelu ja verrata kyselyn ja haastattelun vastauksia keskenään.

Kysymysten valinnalla voi myös saada runsaasti tietoa ongelmien syistä. Edelleen kannattaa panostaa kysymysten valitsemiseen ja niiden muotoilemiseen niin, että kysely antaa helposti viitteitä myös ongelmien todennäköisistä syistä.

Kokonaisuutena koko prosessin (tilauksen vastaanottamisesta laskun lähettämiseen) kehittämistä on syytä jatkaa, jotta ajankäyttö voidaan minimoida ja tätä kautta saada myös tilaajalle syntyviä kustannuksia alennettua.

## LÄHTEET

Aatola, L. 2007. Viemärihajujen synty ja hallintamenetelmät. Diplomityö. Ympäristö- ja energia-tekniikan koulutusohjelma. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Aikivuori, A. 2001. Terveen rakennuksen evoluutio. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo.

Albaum, G. & Smith, S.M. 2012. Why people agree to participate in surveys. Teoksessa Gideon, L. (toim.). Handbook of survey methodology for the social science. New York: Springer, 179 - 193.

Asikainen, A. & Hänninen, O. 2015. Asuntojen sisäilman terveyshaittojen alentaminen. Hiukkaset ja radon merkittävimmät epäpuhtaudet. Ympäristö ja Terveys-lehti 5, 38 - 41

Asikainen V.; Damsten H.; Ihalainen M.; Kalliokoski P.; Karjala M-M.; Korpi A.; Kurnitski J.; Kuuspalo, K.; Naarala J.; Palonen J.; Pasanen P. & Soininen V. 2009. Rakennuspölylle altistumisen vähentäminen uudisrakentamisessa. Loppuraportti TSR-hanke 107051 (osa A). Kuopio: Kuopion yliopisto. Kuopion yliopiston ympäristötieteen laitoksen monistesarja 3/2009. Viitattu 10.9.2016. <http://www.astq.fi/pdf/Rakennuspölylle.pdf>

Bernstein, J. A.; Alexis, N.; Bacchus, H.; Bernstein, L.; Fritz, P.; Horner, E.; Li, N.; Mason, S.; Nel, A.; Oullette, J.; Reijula, K.; Reponen, T.; Seltzer, J.; Smith, A. & Tarlo, S.M. 2008. The health effects of nonindustrial indoor air pollution. The Journal of allergy and clinical immunology 3, 585 - 591

Billiet, J. & Matsuo, H. 2012. Non-response and measurement error. Teoksessa Gideon, L. (toim.). Handbook of survey methodology for the social science. New York: Springer, 149 - 178.

Bethlehem, J. & Biffignandi, S. 2012. Handbook of web surveys. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Burge, H.A. 2001. The fungi. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 45.1 - 45.33.

Burt, T.S. 2001. The acoustic environment: responses to sound. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 19.1 - 19.23.

Cambridge dictionaryn www-sivut 2016. viitattu 10.4.2016, <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/problem>

Dillman, D.; Smyth, J. & Christian, L. 2014. Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: the tailored design method. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Dolnicar, S. 2013. Asking good survey questions. Journal of travel research 5, 551 - 574

Duke universityn www-sivut 2016. Viitattu 5.4.2016. <https://dism.ssri.duke.edu/survey-help/tipsheets/tipsheet-question-wording>

Eduskunta 2012. Rakennusten kosteus ja homeongelmat. Espoo: Eduskunta. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012. Viitattu 20.9.2014. [https://www.eduskunta.fi/FI/tietoaeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj\\_1+2012.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/tietoaeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf)

Espoon kaupunki, Tilakeskus-liikelaitos. 2013. Peruskorjaushankkeiden priorisointi - koulut, päivitys 2013.

European Commission. 2014. Guidelines for healthy environments within European schools.

Fisk, W.J. 2001. Estimates of potential nationwide productivity and health benefits from better indoor environments: an update. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 4.1 - 4.36.

Food and agriculture organization of the United Nations'n www-sivut. 2017. Viitattu 20.6.2017. <http://www.fao.org/docrep/w3241e/w3241e05.htm>

Garrett, M. H.; Hooper, M.A.; Hooper, B. M.; Rayment, P. R. & Abramson. M. J. 1999. Increased risk of allergy in children due to formaldehyde exposure in homes. Allergy 4, 330 - 337

Godish, T. 2001. Aldehydes. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 32.1 - 32.22.

Heerwegh, D. 2005. Web surveys. Explaining and reducing unit nonresponse, item nonresponse and partial nonresponse. Väitöskirja. Leuven: Katholieke universiteit Leuven

Hengitysliiton www-sivut 2016. Viitattu 17.8.2016. <http://www.hengitysliitto.fi/fi/hengityssairaudet/asbestisairaudet/asbestoosi>

Hometalkoiden www-sivut 2016. Viitattu 1.12.2016 <http://uutiset.hometalkoot.fi/component/content/454/1126.html>

Husman, T.; Roto, P. & Seuri M. 2002. Sisäilma ja terveys – tietoa rakentajille. Kuopio: Kuopion yliopiston painatuskeskus

Iarossi, G. 2006. Power of survey design: A user's guide for managing surveys, interpreting results, and influencing respondents. Washington: The World Bank

Indoor Aidin www-sivut 2014. Viitattu 21.9.2014. [www.indooraid.com](http://www.indooraid.com)

Isokääntä, P. 2014. Sisäilmaongelmasta ongelman poistumiseen. Toimintamalli pienille ja keski-suurille työpaikoille. Opinnäytetyö YAMK. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Jantunen, J.; Saarinen, K.; Myllynen, M. & Vitikainen, T. 2009. Sisäilman siitepölyt (SISSI), Loppuraportti. Lappeenranta: Etelä-Karjalan Allergia- ja Ympäristöinstituutti. <http://www.ekay.net/wp-content/uploads/SISSIloppuraportti.pdf>

Jauhiainen, T.; Vuorinen, H.S. & Heinonen-Guzejev, M. 2007. Ympäristömelun vaikutukset. Helsinki: Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 3/2007. Viitattu 2.11.2016. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38400/SY\\_3\\_2007\\_Ymparistomelun\\_vaiikutukset.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38400/SY_3_2007_Ymparistomelun_vaiikutukset.pdf?sequence=1)

Järnström, H. 2005. Muovimattopinnoitteisen lattiarakenteen VOC-emissiot sisäilmaongelmata-pauksessa. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Publications 571.

Karvala, K. 2010. Asthma in damp indoor work environments. Väitöskirja. Helsinki: Helsingin yliopisto. Viitattu 6.11.2016. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37471/asthmain.pdf?sequence=3>

Kylliäinen, M. 2006. Talonrakentamisen akustiikka. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Tutkimusraportit 137

Lahtinen, M. 2004. Psykologinen näkökulma työpaikkojen sisäilmasto-ongelmiin: psykososiaalinen työympäristö ja organisaation ongelmanratkaisutaidot ongelmavyöhydin osatekijöinä. Väitöskirja. Tampere: Tampereen yliopisto

Leivo, V. 1998. Kosteus ja home rakennuksissa. Teoksessa Leivo, V. (toim.). Opas kosteusergelmiin – rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Julkaisu 95. Rakennustekniikan osasto. 10 - 38.

Lester, J.N. & Birkett, J.D. 2003. Microbiology and chemistry for environmental scientists and engineers. 2. p. New York; CRC Press

Lukka, K. 2001. Konstruktiivinen tutkimusote. Viitattu 18.4.2016. <https://metodix.wordpress.com/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/>

McGinley, M. A. & McGinley, C. M. 1999. The “gray line” between odor nuisance and health effects. Air and Waste Management Association. 92nd annual meeting and exhibition.

McNeeley, S. 2012. Sensitive issues in surveys: Reducing refusals while increasing reliability and quality of responses to sensitive survey items. Teoksessa Gideon, L. (toim.). Handbook of survey methodology for the social science. New York: Springer, 377 - 396.

Mendell, M. J.; Mirer, A. G.; Cheung K.; Tong, M. & Douwes, J. 2011. Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-Related Agents: A review of the Epidemiologic Evidence. Environmental Health Perspectives 6. 748 - 756

Menetelmäopintojen tietovaranto. 2014. viitattu 12.4.2015. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kyselylomake/laatiminen.html>

Myatt, T.A & Milton, D.K. 2001. Endotoxins. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.). Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 42.1 - 42.14.

New York Staten www-sivut 2016. Odors and health. Viitattu 3.11.2016. <https://www.health.ny.gov/publications/6500/index.htm>

Nikula, J. 2010. Tiedonkeruu- ja painotusmenetelmien vaikutukset tutkimusaineiston laatuun ja estimaatteihin. EU-rikosuhritutkimuksen aineistojen tarkastelu vastauskadon näkökulmasta. Pro-gradu-tutkielma. Helsinki: Helsingin yliopisto

Opetusministeriö. 2009. Tutkintojen ja muun osaamisen kansallinen viitekehys. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2009:24

Oyegoke, A. 2011. The constructive research approach in project management research. International journal of managing projects in business 4. 573 - 595

Pahkinen, E. 2002. Kyselytutkimusten otantamenetelmät ja aineistoanalyysi. Jyväskylä: Jyväskylä University Library Publishing Unit.

Pennell, K.G.; Kangsen Scammell, M.; McClean, M.D.; Ames, J.; Weldon, B.; Friguglietti, L.; Suu-berg, E.M.; Shen, R.; Indeglia, P.A. & Heiger-Bernays, W.J. 2013. Sewer Gas: An Indoor Air Source of PCE to Consider During Vapor Intrusion Investigations. Ground Water Monitoring and Remediation 3. 119 - 126

Penwarden R. '5 common survey question mistakes that'll ruin your data'. Survey Monkey blog. 2.11.2015. Viitattu 29.7.2016. <https://www.surveymonkey.com/blog/2015/02/11/5-common-survey-mistakes-ruin-your-data/>

Pietarinen, V-M. 2008. Työterveyslaitoksen sisäilmastokysely työpaikoille – kyselyn vertailua sisäilmastaselvityksen tuloksiin. Kuopio: Kuopion yliopisto Koulutus- ja kehittämiskeskus.

Platts-Mills, T.A.E. 2001. Allergens derived from arthropods and domestic animals. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 43.1 – 43.15.

- Putus, T. 2010. Kosteusvauriohomeiden ja hiivojen terveysvaikutukset. Vammala: Suomen ympäristö- ja terveysalan kustannus Oy
- Raamattu. 2017. Viitattu 2.8.2017. <http://www.koivuniemi.com/raamattu/?viite=3mo+14%3A57>
- Rao, C.Y. 2001. Toxigenic fungi in the indoor environment. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 46.1 - 46.19.
- Rasimus-Sahari, S. 2016. Effects of microbial mitochondriotoxins from food and indoor air on mammalian cells. Väitöskirja. Helsinki: Helsingin yliopisto. Viitattu 6.5.2017. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/159395/Effectso.pdf?sequence=1>
- Raw, G.J. Assessing occupant reaction to indoor air quality. 2001. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 53.1 - 53.30.
- Rontu, K. & Korhonen, E. 2014. Sisäilmasto ja energiatehokkuus SE 5 -projekti, projektisuunnitelma. Kuntaliitto. Viitattu 13.12.2014
- Rumchev, K.; Brown, H. & Jeffery Spickett. 2007. Volatile organic compounds: Do they present a risk to our health? Reviews on environmental health 1, 67 - 82.
- Rundt, A-R.; Backlund, P. & Paakkola, K. 2005. Työterveyslääkäri 2. 156 - 163. <http://www.terveysportti.fi/dtk/tyt/ttl00208>
- Salthammer, T.; Mentese, S. & Marutzky, R. 2010. Formaldehyde in the Indoor Environment. Chemical Reviews 110, 2536 - 2572.
- Samet, J.M. 2001. Radon. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 40.1 - 40.19.
- Seuri, M. & Palomäki, E. 2000. Haasteellinen sisäilma. Riskianalyysi sisäilmaongelmissa. Tampere: Rakennustieto Oy.
- Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovelluksia. Tampere: Rakennustieto Oy
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2003. Asumisterveysohje. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1.
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2015. Riskien arviointi työpaikalla -työkirja. Työsuojeluosasto, Työturvallisuuskeskus, Päivitykset 1.6.2015. Viitattu 24.10.2016. [https://ttk.fi/files/2941/Riskien\\_arviointi\\_tyopaikalla\\_tyokirja\\_22052015\\_kerttuli.pdf](https://ttk.fi/files/2941/Riskien_arviointi_tyopaikalla_tyokirja_22052015_kerttuli.pdf)
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 1999. Ympäristövaikutusten arviointi. Ihmisiin kohdistuvat terveydelliset ja sosiaaliset vaikutukset. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Oppaita 1999:1
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 2015. 23.4.2015/545.
- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös asuntojen huoneilman radonpitoisuuden enimmäisarvoista. 1992. 21.10.1992/944.
- Spengler, J.D; Samet, J.M. & McCarthy, J.F. 2001. Introduction to the IAQ handbook. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 1.3 - 1.19.
- Stoop, I. 2012. Unit non-response due to refusal. Teoksessa Gideon, L. (toim.). Handbook of survey methodology for the social science. New York: Springer, 121 - 147.
- Sundell, J. 2004. On the history of indoor air quality and health. Indoor Air 14, 51 - 58

Sundell, J.; Levin, H. & Novosel, D. 2006. Ventilation rates and health. Report of an interdisciplinary review of the scientific literature. National center for energy management and building technologies

Suomen valoteknillinen seura ry. 2008. Valaistushankintojen energiatehokkuus. Viitattu 14.9.2016. [http://www.valosto.com/tiedostot/SVS\\_Valaistushankintojen\\_energiatehokkuus\\_V4.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/SVS_Valaistushankintojen_energiatehokkuus_V4.pdf)

Säteilyturvakeskus. Viitattu 29.10.2016 <http://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-aiheuttaa-keuhkosyopaa>

Säämänen, A.; Riipinen, H.; Kulmala, I. & Welling, I. 2004. Pölyntorjunta. VTT AUTOMAATIO, Tampereen aluetyöterveyslaitos, Lappeenrannan aluetyöterveyslaitos

Taanila, A. 2014. Kirjoituksia Aki Taanilan kvantitatiivisesta menetelmäpajasta. Viitattu 26.9.2014. <http://tilastoapu.wordpress.com/2012/03/13/kyselytutkimuksen-luotettavuus/>

Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen www-sivut. 2014 Koulujen sisäilmaan liittyvät oirekyselyt. Viitattu 25.9.2014 <http://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/koulujen-sisailmaan-liittyvat-oirekyselyt>

Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen www-sivut. 2016. Sisäilmakyselyt oppilaille. Viitattu 17.12.2016 <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/oppilaiden-sisailmakysely>

Terveysuojelulaki 19.8.1994/763

The International Society of Indoor Air Quality and Climate. 2004. ISIAQ-CIB Task Group TG 42. Performance criteria of buildings for health and comfort. Viitattu 17.11.2015. <http://www.isiaq.org/docs/TG42-report.pdf>

Toikko, T. & Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy

Tucker, W. G. 2001. Volatile organic compounds. Teoksessa Spengler, D. & Samet, J. & McCarthy, J. (toim.) Indoor air quality handbook. New Jersey: McGraw-Hill, 31.1 - 31.20

Tuomainen, M. 2003. Ilmanvaihtojärjestelmän mineraalikuitujen terveysvaikutukset. Espoo: Ota-media

Työterveyslaitoksen www-sivut. 2014. Sisäilmastokysely hinnasto 2014. Viitattu 25.9.2014 [http://www.ttl.fi/fi/palvelut/turvallisempi-tyoymparisto/sisailma/Documents/Sisailmastokysely\\_hinnasto%202014.pdf](http://www.ttl.fi/fi/palvelut/turvallisempi-tyoymparisto/sisailma/Documents/Sisailmastokysely_hinnasto%202014.pdf)

Työterveyslaitoksen www-sivut. 2016a. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet -turvallisuusohjeet (OVA-ohjeet). Viitattu 2.11.2016 <http://www.ttl.fi/ova/index.html>

Työterveyslaitoksen www-sivut. 2016b. Työympäristö, lämpöolot. 2016. Viitattu 29.6.2016. [http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/lampoolot/lampoviihtyisat\\_olot/sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/lampoolot/lampoviihtyisat_olot/sivut/default.aspx)

Työterveyslaitoksen www-sivut 2016c. Hyvä valaistus työtilassa. Viitattu 24.7.2016 <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/tyotilojen-suunnittelu/hyva-valaistus-tyotilassa/>

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi

Wargocki, P.; Sundell, J.; Bischof, W.; Brundrett, G.; Fanger, P.O.; Gyntelberg, F.; Hanssen, S.O.; Harrison, P.; Pickering, A.; Seppänen, O. & Wouters, P. 2002. Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN). Indoor Air 12, 113 - 128

Weinhold, B. 2007. A spreading concern: Inhalational health effects of mold. Environmental Health Perspectives 6. 300 - 305.

WHO. 1999. Hazard prevention and control in the work environment: airborne dust. Viitattu 21.11.2016. [http://www.who.int/occupational\\_health/publications/en/oehairbornedust.pdf?ua=1](http://www.who.int/occupational_health/publications/en/oehairbornedust.pdf?ua=1)

WHO. 2007. guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Viitattu 21.11.2016. [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0017/43325/E92645.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf?ua=1)

WHO. 2010. guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Viitattu 21.11.2016. [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0009/128169/e94535.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf)

Wikipedia 2016a. Jälkikaiunta-aika. Viitattu 13.10.2016. <https://fi.wikipedia.org/wiki/J%C3%A4lkikaiunta-aika>

Wikipedia 2016b. Radon. Viitattu 20.10.2016. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Radon>

Wikipedia 2016c. Valaistus. Viitattu 24.7.2016. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Valaistus>

Ympäristöministeriö 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma C1. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa.

Ympäristöministeriö 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto.

Zimmerman Jones. 'Temperature definition in science'. ThoughtCo. Päivitetty 10.7.2017. Viitattu 29.7.2016. <https://www.thoughtco.com/temperature-definition-in-science-2699014>

Äänipään www-sivut 2016. Viitattu 13.10.2016. [http://www.aanipaa.tamk.fi/aku\\_1.htm](http://www.aanipaa.tamk.fi/aku_1.htm)



## Saateviesti 30.11.2014

### Arvoisa kyselyn vastaanottaja

Julkinen sektori painii muutosten kourissa ja heikko taloudellinen tilanne pakottaa kuntia priorisoimaan toimintojaan. Tämä koskee yhtä lailla sisäilmaongelmaisten rakennusten tutkimuksia ja korjauksia. Kohdellaksemme kuntalaisia yhdenvertaisesti, tehdäksemme perusteltuja valintoja ja kohdentaaksemme toimenpiteet järkevästi, tulisi meillä olla nopea ja edullinen työkalu kohteiden priorisointiin.

**Tämä kysely liittyy opinnäytetyöhöni (ylempi AMK insinööri), jonka tarkoituksena on kehittää sisäilmaongelmaisten rakennusten priorisointiin soveltuva nopea ja edullinen kysely.**

**Kysely on avoinna 15.12.2014 asti.** Mikäli koet työtilasi olosuhteet hyväksi, kyselyn vastaamiseen menee aikaa n. 3 - 4 minuuttia, muussa tapauksessa vastaamiseen kannattaa varata hieman enemmän aikaa. Kyselyssä kysytään työskentelytilasi huonenumeroa, joten se kannattaa kirjata ylös ennen vastaamisen aloittamista. Kyselyn tulokset käsitellään luottamuksellisesti nimettöminä.

Koska kyseessä on kyselyn kehittäminen, olisi erittäin tärkeää, että vastaat kyselyyn riippumatta siitä, millaisena rakennuksen sisäilman koet. Toivon, että arvioit samalla myös kyselyn toimivuutta. Palautetta voit antaa kyselyn lopussa tai ottamalla yhteyttä sähköpostitse tai puhelimitse. Otan kaiken palautteen mielelläni vastaan!

Kiitos osallistumisestasi!

Yhteistyöterveisin,

Julia Debbbarh

sisäilma-asiantuntija

juliadebbbarh@hotmail.com

p. 050-5427299

[Linkki kyselyyn](#)

## 1. muistutusviesti 7.12.2014

### Arvoisa kyselyn vastaanottaja

Jos et ole vielä vastannut kyselyyn, niin vielä ehdit. Kysely on avoinna 15.12 asti.

Kiitokset kyselyyn jo vastanneille!

Kysely liittyy siis opinnäytetyöhöni, jota teen Turun ammattikorkeakoulun ympäristöteknologian koulutusohjelmassa (ylempi AMK insinööri). Tarvitsemme pikaisesti sisäilmaongelmaisten rakennusten priorisointiin soveltuvan nopean ja edullisen työkalun. Tästä kyselystä on tarkoitus kehittää sellainen.

Kysely on rakennettu sellaiseksi, että sen hyödynnettävyys edellyttää mahdollisimman suurta vastausprosenttia. Näin ollen olisin erittäin kiitollinen, jos jokainen voisi vastata kyselyyn kaikista joulukiireistä huolimatta. Saamani palautteen perusteella kysely on selkeä ja siihen on helppo vastata.

Vastaukset käsittelen luottamuksellisesti. Vastaukset eivät tule sellaisenaan opinnäytetyöraporttiin ja kukin mukana ollut kohde nimetään esim. kohde A, kohde B jne. Vastaaajat eivät siis ole opinnäytetyössäni tunnistettavissa.

Kiitos osallistumisestasi!

Yhteistyöterveisin,

Julia Debbbarh

sisäilma-asiantuntija

juliadebbbarh@hotmail.com

p. 050-5427299

[Linkki kyselyyn](#)

## 2. muistutusviesti 15.1.2015

### Arvoisa kyselyn vastaanottaja

Sait joulukuussa linkin kyselyyn koskien työskentelykoulusi sisäilmaa. Valitettavasti vastausprosentti jäi tuolloin melko pieneksi ja tällöin tulosten hyödynnettävyys jää va-  
jaavaiseksi.

Nyt sinulla on vielä mahdollisuus vastata kyselyyn. Linkki on avoinna 30.1.2015 asti.

Jos et muista, oletko jo vastannut kyselyyn, se selviää klikkaamalla linkkiä.

Kysely liittyy siis opinnäytetyöhöni, jota teen Turun ammattikorkeakoulun ympäristötek-  
nologian koulutusohjelmassa (ylempi AMK insinööri) ja opinnäytetyötäni varten minulla  
on Espoon kaupungilta asianmukaiset tutkimusluvut. Tarvitsemme pikaisesti sisäilma-  
ongelmaisten rakennusten priorisointiin soveltuvan nopean ja edullisen työkalun. Tästä  
kyselystä on tarkoitus kehittää sellainen. Tuloksia hyödynnetään myös Espoon kaupun-  
gin Tilakeskuksen toiminnassa, sillä toimin siellä sisäilma-asiantuntijana.

Kysely tulee olemaan valtakunnallisestikin merkittävä, joten olisin erittäin kiitollinen, jos  
jokainen voisi vastata kyselyyn riippumatta siitä millaisena tilojen olosuhteet kokee.  
Saamani palautteen perusteella kysely on selkeä ja siihen on helppo vastata.

Vastaukset käsittelen luottamuksellisesti. Vastaukset eivät tule sellaisenaan opinnäyte-  
työraporttiin ja kukin mukana ollut kohde nimetään esim. kohde A, kohde B jne. Vas-  
taajat eivät siis ole opinnäytetyössäni tunnistettavissa.

Kiitos osallistumisestasi!

Yhteistyöterveisin,

Julia Debbbarh

sisäilma-asiantuntija

juliadebbbarh@hotmail.com

p. 050-5427299

[Linkki kyselyyn](#)

